

meteor

csillagászati
évkönyv

2012

meteor

ÚTIKALAUZ A VILÁGEGYETEMHEZ



A Magyar Csillagászati Egyesület lapja
meteor.mcse.hu

METEOR CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV 2012

meteor **csillagászati évkönyv** **2012**

Szerkesztette:
Benkő József
Mizser Attila



Magyar Csillagászati Egyesület
www.mcse.hu
Budapest, 2011

Az évkönyv kalendárium részének összeállításában közreműködött:

Butuza Tamás
Görgei Zoltán
Hegedűs Tibor
Kaposvári Zoltán
Kovács József
Sárneczky Krisztián
Sánta Gábor
Szabó Sándor
Szöllősi Attila
Tordai Tamás

A kalendárium csillagtérképei az Ursa Minor szoftverrel készültek.

www.ursaminor.hu

Szakmailag ellenőrizte:

Szabados László

A kiadvány támogatói:

Mindazok, akik az SZJA 1%-ával támogatják
a Magyar Csillagászati Egyesületet.

Adószámunk: 19009162-2-43

Felelős kiadó: Mizser Attila

Nyomdai előkészítés: Kármán Stúdió, *www.karman.hu*

Nyomtatás, kötészet: OOK-Press Kft., *www.ookpress.hu*

Felelős vezető: Szathmáry Attila

Terjedelem: 21,5 ív fekete-fehér + 1 ív színes melléklet
2011. november

ISSN 0866-2851

Tartalom

Bevezető	7
----------------	---

Kalendárium	11
-------------------	----

Cikkek

Galántai Zoltán: Az emberiség és a tudomány jövőjéről a 2012-es „világvége” ürügyén	179
Kereszturi Ákos: Újdonságok a Naprendszerben	193
Illés Erzsébet: A Vénusz, ahogy ma látjuk	208
Kovács József: Válogatás az asztrofizika új eredményeiből	235
Kun Mária: Száz éve ismerjük a reflexiós ködök természetét	251
Gyürky György: Magreakciók a csillagokban	259
Frey Sándor: Kettős aktív galaxismagok	280
Horváth István: Gammakitörések	291
Búcsú két baráttól és kollégától (Almár Iván)	307

Beszámolók

Mizser Attila: A Magyar Csillagászati Egyesület tevékenysége 2010-ben	313
Ábrahám Péter: Az MTA KTM Csillagászati Kutatóintézetének működése 2010-ben	318
Petrovay Kristóf: Az ELTE Csillagászati Tanszékének működése 2010-ben	332
Szatmáry Károly: A Szegedi Csillagvizsgáló tevékenysége 2009–2010-ben	338

A címlapon

A ρ Ophiuchi-régió és környezete. Éder Iván felvétele 2010. május 7-én készült Namíbiából, az 1835 m magasságban elhelyezkedő Hakos asztrofarmról. 2,8/200 mm-es teleobjektív, 23×2,5 perc expozíció Canon EOS 5D Mark II fényképezőgéppel (ISO 1600).

A hátsó borítón:

Az első magyarországi analemma-felvétel, amelyen sikerült megörökíteni a helyi idő és a helyi középidej közötti különbséget. Ladányi Tamás felvétele Veszprémből készült egy teljes év folyamán, mindig pontosan ugyanabban az időpontban.

Bevezető

A gazdasági válság 2008 őszétől egyre erőteljesebben jelentkező jelenségei nem kímélik kiadványunkat sem, egyre nehezebb eljuttatni Csillagászati évkönyvünket azokhoz, akik komolyan érdeklődnek a csillagászat iránt. A hazai könyvterjesztés viszonyai közepette (óriási árrések, késedelmes fizetés stb.) már régen megszűnt volna kiadványunk, ha nincs mögötte a Magyar Csillagászati Egyesület népes tagsága és mindazok, akik támogatásra méltónak találják az egyesület célkitűzéseit. Legalább ekkora dicséret illeti szerzőinket és a kötet szerkesztésében részt vevő hivatásos csillagászokat, valamint a téma iránt elkötelezett amatőröket, akik ingyenesen, úgyszeretéből, színvonalasan végzik munkájukat – mint oly sokan a Magyar Csillagászati Egyesületben.

A 2012-es év végére sokan jósolnak „égi válságot” – a világvége-hívők számára ad csattanós választ Galántai Zoltán cikke (Az emberiség és a tudomány jövőjéről a 2012-es „világvége” ürügyén). A 2012. december 21-re jöendő rendkívül „jelenségek” elmaradnak, azonban jó néhány érdekes és valószínű égi eseményt figyelhetünk meg az esztendő folyamán. A márciusi Mars-oppozíció ugyan egyike lesz a leginkább kedvezőtlen ilyen eseményeknek, azonban a vörös bolygó magas égi helyzete és az egyre fejlődő észlelési módszerek minden bizonnyal nagyon sok emlékezetes felvétel készítését teszi lehetővé. A hazai észlelők számára szegényes év lesz 2012 a fogyatkozások tekintetében, azonban június 6-án ismét Vénusz-átvonulást figyelhetünk meg. A mi életünkben többé nem lesz látható ez a ritka esemény (legutóbb 2004-ben láthattuk, amint a Vénusz fekete korongja átvonult a Nap előtt). A Vénusz-átvonulásról részletes ismertetőt közlünk a Kalendáriumban. Július 15-én hajnalban ismét egy viszonylag ritka jelenséget észlelhetünk: a Holdunk el fogja fedni a Jupitert. Kalendáriumunkban még egy sor érdekes égi esemény, előrejelzés, észlelési ajánlat között tallózhat az érdeklődő.

Egy csillagászati évkönyv egyik fontos szerepe az adott évre vonatkozó csillagászati alapadatok, valamint az érdekes, látványos, ritka – és termé-

szetesen a kötet lezárásáig előre jelezhető – égi jelenségek pontos közlése mindazok számára, akiket érdekelnek a csillagos ég jelenségei. A 2012-es kötetben sem találhatók hosszú oldalakon sorjázó számsorok.

Továbbra is valljuk, hogy a számítástechnika és az internet mai elterjedtsége mellett, amikor egyre többen használnak különféle planetárium-programokat, és naprakész információkat kaphatnak az internetről, és ezzel akár személyre szóló „évkönyvet” is készíthetnek, egy hagyományos, nyomtatott évkönyv gyökeresen más szerepet kell hogy kapjon. Olvasóink figyelmébe ajánljuk a Magyar Csillagászati Egyesület Meteor című lapját, amely számos aktuális égi jelenségről közöl előrejelzést Jelenségnaptárában, olyanokról is, amelyek jellegüknél fogva nem jelenhetnek meg évkönyvünkben. Ugyancsak számos érdekes észlelési ajánlat található az MCSE honlapján (www.mcse.hu) és hírportálján (hirek.csillagaszat.hu). Az égbolt megismerését, a távcsöves megfigyelőmunkát különféle szoftverek is segítik, amelyek közül most hármat ajánlunk: az Ursa Minort (www.ursaminor.hu), a Stellariumot (www.stellarium.org) és a Guide 8.0-t.

A 2012-es Csillagászati évkönyvben az utóbbi évek köteteinél megszokott módon igyekeztünk bemutatni, előre jelezni az év folyamán megfigyelhető jelenségeket. Az adott hónap csillagászati érdekességeire hosszabb-rövidebb ismertetővel hívjuk fel a figyelmet (üstökösök, fogyatkozások, fedések, mélyég-objektumok stb.). Mindezzel szeretnénk még közelebb hozni az érdeklődőket a csillagos éghoz, céltudatosan irányítva rá figyelmüket egy-egy égi eseményre. Mindazok, akik kedvet kapnak a megfigyelések végzéséhez és beküldéséhez, a Meteor rovatvezetőinél kaphatnak további tájékoztatást (elérhetőségük megtalálható a kiadvány honlapján: meteor.mcse.hu).

A havi előrejelzéseket egy-egy évfordulós csillagászatörténeti érdekesség is színesíti.

A **Kalendárium** hagyományos naptár része minden hónapban két oldal táblázattal kezdődik. Ezekben minden időadat közép-európai időben (KÖZEI) szerepel. A bal oldali naptártáblázat első oszlopában található a napnak a hónapon belüli sorszáma, a nap nevének rövidítése és a napnak az év első napjától számított sorszáma. A hetek sorszámát az érvényes magyar szabvány szerint adjuk meg. A Nap időadatai mellett szerepel a delelési magassága, valamint az időegyenlítés értéke is. Az időegyenlítés azt adja meg, hogy az időzónánk közepén ($\lambda = 15^\circ$) mennyit tér el a Nap valódi delelési időpontja a zónaidő déli 12 órájától. Minthogy az évkönyv táblázatai a $\lambda = 19^\circ$ földrajzi hosszúságra készültek, a delelési időpont oszlopában látható, hogy a valódi Nap itt 16 perccel korábban delel, mint az időzóna közepén.

A jobb oldali táblázatban a Julián-dátum és a greenwichi csillagidő található. Mindkettőnek a csillagászati számításoknál vehetjük hasznát. Az utolsó oszlopban az adott naptári napon ünnepelt névnapok listáját olvashatjuk. A névnap lista adatainak forrása a Vince Kiadónál megjelent Ladó-Bíró: Magyar utónévkönyv című munka. A táblázat alatt az ismerőbb ünnepek, időszámítási és kronológiai információk kaptak helyet.

A nyári időszámítás kezdetét és végét egyaránt jelezzük a márciusi, illetve az októberi táblázat alján.

Az **eseménynaptárban** az időpontokat világidőben (UT) adtuk meg.

A négy fő holdfázis időpontjai perc pontosságúak és geocentrikusak, megadtuk a csillagkép nevét is, ahol a Hold tartózkodik az adott időpontban.

A Föld napközeli- és naptávolság-időpontjai (perihélium és aphélium) perc pontosságúak, geocentrikusak, valamint fel van tüntetve a Föld távolsága is a Naptól CSE-ben.

A napéjegyenlőségek és napfordulók időpontjai perc pontosságúak és geocentrikusak.

A Hold librációinak időpontjai perc pontosságúak, geocentrikusak. Egy lunáción belül hat időpont van megadva, a legnagyobb északi, déli, keleti és nyugati érték időpontja, valamint a legkisebb és legnagyobb eredő libráció (század fok pontossággal).

Korai/késői holdsarlók. A 48 óránál fiatalabb, illetve idősebb holdsarlók láthatóságának időpontjait adtuk meg perc pontossággal, Budapestre számítva, -6 fokos napmagasságra. Az előre jelzett jelenségeknél megadtuk a holdsarló korát, valamint a horizont feletti magasságát is.

Bolygók dichotómiája. A Merkúr és a Vénusz bolygó 50%-os fázisának időpontjait is tartalmazza a jelenségnaptár perc pontossággal, a Föld középpontjából nézve.

A Hold földközeli- és földtávolság-időpontjai perc pontosságúak, valamint meg vannak adva a Hold távolságadatai a Föld középpontjától és a Hold látszó átmérője is tized ívmásodperc pontossággal.

Az eseménynaptár perc pontossággal tartalmazza azokat az időpontokat is, amikor a Hold eléri legkisebb/legnagyobb deklinációs értékét.

A belső bolygók elongációinak és oppozícióinak időpontjai geocentrikusak és perc pontosságúak, az eseménynaptár tartalmazza az elongációk mértékét, a bolygók fényességét, átmérőjét és a fázisait ezekben az időpontokban. A Merkúr és a Vénusz alsó, illetve a felső együttállását a Nappal perc pontossággal adtuk meg. A külső bolygóknál az időpontok szintén perc pontosságúak, járulékos adatként a bolygók látszó átmérőit, fényességüket, továbbá azt a csillagképet is megadtuk, ahol épp tartózkodnak.

A 2012-es évben két napfogyatkozás következik be, mindegyik adatai szerepelnek a Kalendáriumban. Hazánkból egyik fogyatkozást se lehet megfigyelni.

2012-ben két holdfogyatkozás következik be, a másodperc pontosságú időpontok geocentrikus kezdő és befejező kontaktus-időpontok.

A Hold látványosabb csillagfedéseit másodperc pontossággal adjuk meg, továbbá szerepel a fedendő csillag neve, fényessége, a hold fázisa és a súroló fedés helye több magyarországi településre számítva. Térképen mutatjuk be, hogy Magyarország mely területein észlelhető az április 29/30-i súroló fedés.

2012-ben egy bolygófedés lesz észlelhető hazánkból: július 15-én a Hold elfedi a Jupitert.

A Jupiter-holdak jelenségei közül azokat az eseményeket szerepeltetjük a felsorolásban, amikor egy éjszaka során két holdjelenség is lesz, valamint amikor a Jupiter korongján két hold árnyéka látszik.

A Jupiter-holdaknál közölthöz hasonlóan mutatjuk be a legfényesebb Szaturnusz-holdak láthatósági ábráját.

A bolygók kölcsönös megközelítései közül azok kerültek be, amelyeknél 2,5 foknál kisebb a távolság az égitestek között, és a jelenség legalább egy része sötét égbolton megfigyelhető.

A Hold csillag- és bolygómegközelítései közül azokat az eseményeket szerepeltetjük, amelyeknél Budapestről nézve a Hold 5 foknál közelebb kerül egy bolygóhoz, illetve 1 fokon belül egy fényes csillaghoz. Ha nem éjszakai időszakra esik a megközelítés, akkor külön megadjuk a legkisebb szögtávolságot és annak időpontját.

A bolygók csillagfedései, illetve csillag-megközelítései közül az olyan események szerepelnek, amelyeknél Budapestről nézve egy bolygó egy szabad szemmel látható csillagtól 30'-en belül halad el, illetve egy 11,5 magnitúdónál fényesebb csillagot 60"-nél jobban megközelít.

Csillagászati évkönyvünk kereskedelmi forgalomban is kapható, azonban minden olvasónknak ajánljuk, hogy közvetlenül a Magyar Csillagászati Egyesülettől szerezzék be (személyesen az óbudai Polaris Csillagvizsgálóban is megvásárolható). A legjobb megoldás azonban az, ha maguk is az MCSE tagjaivá válnak, ugyanis ez esetben tagilletményként egészen biztosan hozzájuthatnak kiadványunkhoz. Az egyesületi tagsággal kapcsolatos információk megtalálhatók egyesületi honlapunkon (www.mcse.hu).

KALENDÁRIUM

$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – január**

KÖZEI

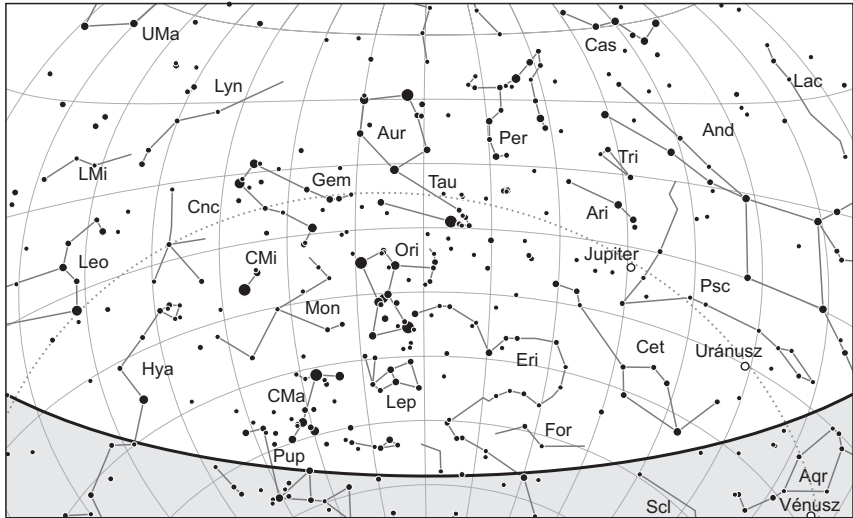
Dátum		Nap			h_d °	E_t m	Hold			fázis	h m
		kel h m	delel h m	nyugszik h m			kel h m	delel h m	nyugszik h m		
1. v	1.	7 31	11 47	16 03	19,5	-3,1	10 59	17 51	–	☉	7 15
1. hét											
2. h	2.	7 31	11 47	16 04	19,6	-3,6	11 23	18 34	0 53		
3. k	3.	7 31	11 48	16 05	19,7	-4,0	11 49	19 18	1 56		
4. sz	4.	7 31	11 48	16 06	19,8	-4,5	12 20	20 05	2 58		
5. cs	5.	7 31	11 49	16 07	19,9	-4,9	12 57	20 54	3 59		
6. p	6.	7 31	11 49	16 08	20,0	-5,4	13 42	21 45	4 56		
7. sz	7.	7 30	11 50	16 09	20,1	-5,8	14 34	22 37	5 49		
8. v	8.	7 30	11 50	16 10	20,3	-6,3	15 35	23 30	6 36		
2. hét											
9. h	9.	7 30	11 51	16 12	20,4	-6,7	16 42	–	7 16	○	8 30
10. k	10.	7 29	11 51	16 13	20,5	-7,1	17 52	0 22	7 50		
11. sz	11.	7 29	11 51	16 14	20,7	-7,5	19 05	1 13	8 20		
12. cs	12.	7 29	11 52	16 15	20,8	-7,9	20 18	2 02	8 47		
13. p	13.	7 28	11 52	16 17	21,0	-8,3	21 32	2 51	9 12		
14. sz	14.	7 28	11 52	16 18	21,2	-8,7	22 47	3 40	9 37		
15. v	15.	7 27	11 53	16 19	21,4	-9,0	–	4 30	10 02		
3. hét											
16. h	16.	7 26	11 53	16 21	21,5	-9,4	0 03	5 22	10 31	☉	10 08
17. k	17.	7 26	11 54	16 22	21,7	-9,7	1 19	6 16	11 05		
18. sz	18.	7 25	11 54	16 23	21,9	-10,1	2 34	7 12	11 45		
19. cs	19.	7 24	11 54	16 25	22,1	-10,4	3 45	8 11	12 35		
20. p	20.	7 23	11 54	16 26	22,3	-10,7	4 48	9 11	13 33		
21. sz	21.	7 22	11 55	16 28	22,6	-11,0	5 42	10 09	14 40		
22. v	22.	7 22	11 55	16 29	22,8	-11,3	6 26	11 05	15 51		
4. hét											
23. h	23.	7 21	11 55	16 31	23,0	-11,6	7 02	11 59	17 03	●	8 39
24. k	24.	7 20	11 56	16 32	23,2	-11,8	7 31	12 48	18 14		
25. sz	25.	7 19	11 56	16 34	23,5	-12,1	7 57	13 35	19 23		
26. cs	26.	7 18	11 56	16 35	23,7	-12,3	8 20	14 19	20 30		
27. p	27.	7 17	11 56	16 37	24,0	-12,5	8 41	15 02	21 35		
28. sz	28.	7 15	11 56	16 38	24,2	-12,8	9 03	15 45	22 39		
29. v	29.	7 14	11 57	16 40	24,5	-13,0	9 26	16 28	23 41		
5. hét											
30. h	30.	7 13	11 57	16 41	24,8	-13,1	9 51	17 12	–		
31. k	31.	7 12	11 57	16 43	25,1	-13,3	10 20	17 58	0 44	☉	5 10

január

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 455 928	6 40 14	Újév; Fruzsina, Aglája, Álmos
2.	2 455 929	6 44 11	Ábel, Ákos, Fanni, Gergely, Gergő, Stefánia
3.	2 455 930	6 48 07	Benjámin, Genovéva, Dzszenifer, Gyöngyvér, Hermina
4.	2 455 931	6 52 04	Leona, Títusz, Angéla, Angelika, Izabella
5.	2 455 932	6 56 01	Simon, Árpád, Ede, Emília, Gáspár
6.	2 455 933	6 59 57	Vízkereszt; Boldizsár, Gáspár, Menyhért
7.	2 455 934	7 03 54	Attila, Ramóna, Bálint, Melánia, Rajmund, Valentin
8.	2 455 935	7 07 50	Gyöngyvér, Virág
9.	2 455 936	7 11 47	Marcell
10.	2 455 937	7 15 43	Melánia, Vilma, Vilmos
11.	2 455 938	7 19 40	Ágota, Agáta
12.	2 455 939	7 23 36	Ernő, Erna, Ernesztina, Veronika
13.	2 455 940	7 27 33	Veronika, Csongor, Ivett, Judit, Vera
14.	2 455 941	7 31 30	Bódog
15.	2 455 942	7 35 26	Loránd, Lóránt, Alfréd, Pál, Sándor
16.	2 455 943	7 39 23	Gusztáv, Fanni, Henrik, Marcell, Ottó, Stefánia
17.	2 455 944	7 43 19	Antal, Antónia, Leonetta, Roxána
18.	2 455 945	7 47 16	Piroska, Aténé, Beatrix, Margit, Pál
19.	2 455 946	7 51 12	Sára, Márió, Margit, Márta, Sarolta, Veronika
20.	2 455 947	7 55 09	Fábián, Sebestyén, Szabaszián, Tímea
21.	2 455 948	7 59 05	Ágnes
22.	2 455 949	8 03 02	Vince, Artúr, Artemisz, Cintia, Dorián
23.	2 455 950	8 06 59	Zelma, Rajmund, Emese, János, Mária
24.	2 455 951	8 10 55	Timót, Erik, Erika, Ferenc, Vera, Veronika, Xénia
25.	2 455 952	8 14 52	Pál, Henriett, Henrietta, Henrik, Péter
26.	2 455 953	8 18 48	Vanda, Paula, Titanilla
27.	2 455 954	8 22 45	Angelika, Angéla, János
28.	2 455 955	8 26 41	Károly, Karola, Ágnes, Amália, Apollónia, Margit, Péter
29.	2 455 956	8 30 38	Adél, Etelka, Ferenc
30.	2 455 957	8 34 34	Martina, Gerda, Gellért
31.	2 455 958	8 38 31	Marcella, János, Lujza, Péter

14. A Julián-naptár szerinti újév napja

23. A kínai naptár 4749. évének kezdete



A déli égbolt január 15-én 20:00-kor (KŐZEI)

Bolygók

Merkúr: Január 1-jén még másfél órával kel a Nap előtt, a hónap első felében napkelte előtt figyelhető meg a délkeleti ég alján. Kedvező hó eleji láthatósága azonban fokozatosan romlik, a hónap közepére eltűnik a reggeli fényben, és csak február második felében lesz újra látható.

Vénusz: Az esti égbolt feltűnő égiteste, magasan a délnyugati látóhatár felett látható. A hónap elején majdnem három, a végén három és fél órával nyugszik a Nap után. Fényessége $-4,0^m$ -ról $-4,1^m$ -ra, átmérője $13''$ -ről $15,1''$ -re nő, fázisa $0,83$ -ról $0,74$ -ra csökken.

Mars: Előretartó, majd 24-étől hátráló mozgást végez előbb az Oroszlán, majd a Szűz csillagképben. Késő este kel, az éjszaka nagy részében megfigyelhető. Fényessége $0,2^m$ -ról $-0,5^m$ -ra, átmérője $9,1''$ -ről $11,8''$ -re nő.

Jupiter: Előretartó mozgást végez a Halak, majd 8-ától a Kos csillagképben. Feltűnően látszik az éjszakai délnyugati égen, éjfél után nyugszik. Fényessége $-2,5^m$, átmérője $41''$.

Szaturnusz: Előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfél előtt kel, az éjszaka második felében látható. Fényessége $0,6^m$, átmérője $17''$.

Uránusz: Az esti órákban figyelhető meg a Halak csillagképben. Késő este nyugszik.

Neptunusz: A hónap első felében még kereshető az esti szürkületben, a Vízöntő csillagképben.

Dátum Időpont Esemény

01.07.	19:57	A Ganyemedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 21:51 UT-kor
01.07.	22:00	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
01.09.	7:30	Telehold (a Hold a Gemini csillagképben)
01.09.	16:29	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
01.09.	16:50	Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
01.09.	18:50	A Hold nyugati librációja ($l = -5,11^\circ$, $b = 4,42^\circ$)
01.10.	16:26	Az esti szürkületben a (22) Kalliope kisbolygó ($10,4^m$) a King 8 nyílthalmaztól ($11,2^m$) $24,3'$ -re északra
01.11.	5:27	A hajnali szürkületben a Hold mögül kilép a 60 Cancri ($5,4^m$, $95,7\%$ -os, csökkenő holdfázis)
01.11.	6:01	A hajnali szürkületben a Hold súrolva elfedi az α Cancrit az északi pereme mentén (Acubens, $4,3^m$, $95,6\%$ -os, csökkenő holdfázis)
01.11.	6:05	A hajnali szürkületben a Hold mögül kilép az α Cancri
01.11.	22:43	A (8) Flora kisbolygó ($10,6^m$) az NGC 4527 galaxistól ($10,5^m$) $6,7'$ -re délre
01.12.	7:51	A Hold maximális librációja ($l = -4,27^\circ$, $b = 6,50^\circ$)
01.13.	3:09	A Mars bolygótól a HIP 56618 ($6,9^m$) jelű csillag $15''$ -cel délre
01.13.	8:48	A Hold északi librációja ($b = 6,72^\circ$, $l = -3,54^\circ$)
01.13.	16:30	A Vénusz bolygótól $1,1^\circ$ -kal északra a Neptunusz
01.13.	22:15	A $76,4\%$ -os, csökkenő fázisú Holdtól $8,9^\circ$ -kal északkeletre a Mars bolygó
01.13.	22:53	A (433) Eros kisbolygó ($9,1^m$) az NGC 3338 galaxistól ($11,1^m$) $20,3'$ -re nyugatra
01.14.	3:24	A Hold mögé belép a 87 Leonis ($4,8^m$, $74,3\%$ -os, csökkenő holdfázis), kilépés 04:26 UT-kor
01.14.	21:50	A P/2006 T1 (Levy) üstökös $28'$ -re nyugatra a v Psc-től
01.14.	23:56	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
01.14.	23:59	A Ganyemedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete
01.15.	16:32	Az esti szürkületben a Vénusz bolygó a 42 Aqr-től ($5,3^m$) $27'10''$ -re északra
01.16.	9:08	Utolsó negyed (a Hold a Virgo csillagképben)
01.16.	17:01	Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 19:29 UT-kor
01.16.	18:25	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
01.17.	21:17	A Hold földközeli (földtávolság: $369\,846$ km, látszó átmérő: $32'19''$, $33,1\%$ -os, csökkenő holdfázis)
01.18.	17:33	A Vénusz bolygó a σ Aqr-től ($4,8^m$) $16'20''$ -re délre
01.18.	20:01	A (31) Euphrosyne kisbolygó ($11,6^m$) a Cr 21 nyílthalmaztól ($8,2^m$, Tri) $4,0'$ -re északnyugatra
01.19.	3:49	A Hold minimális librációja ($l = 1,76^\circ$, $b = 0,97^\circ$)
01.20.	7:23	A Hold eléri legkisebb deklinációját $-23,4^\circ$ -nál ($10,9\%$ -os, csökkenő holdfázis)
01.20.	16:38	Az esti szürkületben a Vénusz bolygó a 64 Aqr-től ($6,9^m$) $3'9''$ -re keletre
01.22.	5:48	25 óra 51 perces holdsarló $2,4^\circ$ magasan a hajnali égen

Dátum Időpont Esemény

01.23.	7:39	Újhold (a Hold a Capricornus csillagképben)
01.23.	19:40	Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 22:08 UT-kor
01.23.	20:20	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
01.24.	15:26	A Hold keleti librációja ($l = 4,88^\circ$, $b = -6,15^\circ$)
01.24.	16:06	32 óra 27 perces holdsarló $9,5^\circ$ magasan az esti égen (a Vénusz bolygótól $23,3^\circ$ -ra nyugatra)
01.25.	16:35	A Hold maximális librációja ($l = 4,71^\circ$, $b = -6,57^\circ$)
01.26.	8:43	A Hold déli librációja ($b = -6,64^\circ$, $l = 4,44^\circ$)
01.26.	16:09	Az esti szürkületben a 12,0%-os, növekvő fázisú Holdtól $5,8^\circ$ -kal délre a Vénusz bolygó
01.27.	16:00	Az esti szürkületben a Hold mögé belép a 19 Piscium ($5,0^m$, 19,1%-os, növekvő holdfázis), kilépés 17:11 UT-kor
01.28.	16:49	Az esti szürkületben a Vénusz bolygó a ϕ Aqr-tól ($4,2^m$) $9'5''$ -re keletre
01.29.	18:06	A Vénusz bolygó a η Aqr-tól ($5,6^m$) $21'3''$ -re délre
01.30.	16:14	Az esti szürkületben a 45,3%-os, növekvő fázisú Holdtól $4,3^\circ$ -kal délre a Jupiter bolygó
01.30.	17:43	A Hold földtávolban (földtávolság: 404 364 km, látszó átmérő: $29'33''$, 45,9%-os, növekvő holdfázis)
01.30.	22:15	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
01.30.	22:20	Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete
01.31.	4:10	Első negyed (a Hold az Aries csillagképben)
01.31.	17:31	Az 55,2%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől a ρ 2 Ari ($5,9^m$) $1'1''$ -re délre

Üstökösök

C/2009 P1 (Garradd). Az ausztrál Gordon Garradd fedezte fel a Siding Spring Survey 2009. augusztus 13-i felvételein mint csóva nélküli, $15''$ átmérőjű objektumot. Az akkor 17,5 magnitúdós, mélyen a déli égen járó üstökös 2010 őszére a szabadszemes láthatóság közelébe fényesedett, és mivel decemberig még közeledett a Naphoz, januárban minden bizonnyal szabad szemmel is megfigyelhető lesz. Ehhez azonban fényszennyezéstől mentes égre van szükség, mivel várható fényessége 6 magnitúdó körül lesz, valamint ki kell várni a hajnali órákat, hogy a Herculesben tartózkodó üstökös elég magasra emelkedjen. Az északi irányba mozgó vándor újév hajnalán háromnegyed fokkal északra lesz látható a λ Herculistól, majd 25-én hajnalban 8 ívperce keletre halad el a ρ Herculistól.

C/2009 P1 (Garradd)

Dátum	RA (h m s)	D ($^\circ$, $'$, $''$)	Δ (CSE)	r (CSE)	E ($^\circ$)	m_v (m)
01.01.	17 30 07	+26 50 11	1,936	1,555	53	5,9
01.06.	17 29 39	+28 26 41	1,883	1,561	56	5,8
01.11.	17 28 50	+30 17 01	1,824	1,571	59	5,8
01.16.	17 27 32	+32 23 03	1,762	1,584	63	5,7

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	Δ (CSE)	r (CSE)	E (°)	m_v (m)
01.21.	17 25 33	+34 46 57	1,696	1,599	67	5,7
01.26.	17 22 37	+37 30 59	1,629	1,617	72	5,6
01.31.	17 18 23	+40 37 17	1,561	1,638	76	5,6
02.05.	17 12 19	+44 07 34	1,495	1,661	81	5,6
02.10.	17 03 36	+48 02 33	1,433	1,686	86	5,6
02.15.	16 51 01	+52 20 50	1,377	1,714	91	5,5
02.20.	16 32 34	+56 56 56	1,329	1,744	97	5,5
02.25.	16 05 01	+61 37 56	1,294	1,775	101	5,6
03.01.	15 23 34	+65 58 47	1,272	1,809	106	5,6
03.06.	14 23 20	+69 17 21	1,266	1,844	109	5,7
03.11.	13 06 27	+70 40 59	1,278	1,880	111	5,8
03.16.	11 49 10	+69 42 49	1,309	1,918	112	5,9
03.21.	10 48 13	+66 51 40	1,357	1,957	112	6,1
03.26.	10 06 19	+63 00 49	1,421	1,997	110	6,3
03.31.	09 38 42	+58 50 57	1,500	2,038	108	6,5
04.05.	09 20 30	+54 44 46	1,591	2,081	105	6,7
04.10.	09 08 24	+50 52 59	1,693	2,123	101	6,9
04.15.	09 00 23	+47 19 45	1,802	2,167	97	7,1
04.20.	08 55 11	+44 05 45	1,919	2,212	93	7,4
04.25.	08 51 59	+41 10 07	2,040	2,257	89	7,6
04.30.	08 50 15	+38 31 14	2,165	2,302	85	7,8
05.05.	08 49 36	+36 07 16	2,292	2,348	81	8,0
05.10.	08 49 47	+33 56 21	2,420	2,395	77	8,2
05.15.	08 50 37	+31 56 44	2,549	2,442	72	8,4
05.20.	08 51 57	+30 06 52	2,677	2,489	68	8,6
05.25.	08 53 43	+28 25 26	2,804	2,536	64	8,8
05.30.	08 55 47	+26 51 17	2,929	2,584	60	9,0
06.04.	08 58 07	+25 23 25	3,052	2,632	57	9,1
06.09.	09 00 40	+24 00 58	3,172	2,680	53	9,3
06.14.	09 03 22	+22 43 11	3,289	2,729	49	9,4
06.19.	09 06 13	+21 29 26	3,402	2,777	44	9,6
06.24.	09 09 10	+20 19 10	3,512	2,826	41	9,7
06.29.	09 12 12	+19 11 57	3,616	2,874	37	9,9

82P/Gehrels 2. Tom Gehrels amerikai csillagász hat üstököst fedezett fel 1972 és 1997 között. Második periodikus üstökösét 1973. szeptember 29-én azonosította a nagy palomari Schmidt-teleszkóp felvételein. Az akkor még 2,35 CSE-es perihélium-távolsága 1995-ben a Jupiter gravitációs hatása miatt 2,0 CSE-re csökkent, így legutóbbi napközelségei idején közepes méretű távcsövekkel vizuálisan is elérhetővé vált a 11-12 magnitúdóig fényesedő üstökös. Mostani visszatérése is kedvezően alakul, tavaly októberben került oppozícióba, napközelpontját pedig január 13-án éri el. Az előzetes számítások szerint nem fényesedett volna 12-13 magnitúdó fölé, ám 2010 szeptemberében az üstökös fényessége hirtelen megnőtt, már ekkor elérve a 11-12 magnitúdót. Úgy látszik, a lecsökkent naptávolság új folyamatokat indított be az üstökös magjában, így remény-

kedhetünk abban, hogy ez év elején még fényes, akár 10-11 magnitúdó égitestként is láthatjuk a Pisces délkeleti sarkában kelet felé mozgó üstököst. Fényes csillagokat nem nagyon közelít meg, ám 2-án és 3-án áthalad az NGC 200 által uralt, tucatnyi 13-14 magnitúdós galaxist tartalmazó halmazon.

78P/Gehrels 2

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	Δ (CSE)	r (CSE)	E (°)	m_v (m)
01.01.	00 34 46	+02 41 59	1,767	2,011	89	11,8
01.06.	00 42 55	+03 19 34	1,817	2,009	86	11,9
01.11.	00 51 24	+03 59 40	1,868	2,009	83	11,9
01.16.	01 00 10	+04 41 55	1,920	2,009	81	12,0
01.21.	01 09 14	+05 25 57	1,971	2,010	78	12,0
01.26.	01 18 32	+06 11 26	2,023	2,011	75	12,1
01.31.	01 28 05	+06 58 00	2,075	2,014	73	12,2
02.05.	01 37 51	+07 45 16	2,127	2,018	70	12,2
02.10.	01 47 48	+08 32 53	2,180	2,022	68	12,3
02.15.	01 57 56	+09 20 34	2,232	2,027	65	12,4
02.20.	02 08 15	+10 08 00	2,284	2,033	63	12,5
02.25.	02 18 42	+10 54 53	2,337	2,040	61	12,5
03.01.	02 29 18	+11 40 56	2,389	2,047	58	12,6
03.06.	02 40 01	+12 25 52	2,440	2,055	56	12,7
03.11.	02 50 52	+13 09 25	2,492	2,065	54	12,8
03.16.	03 01 48	+13 51 23	2,543	2,074	51	12,9
03.21.	03 12 50	+14 31 31	2,594	2,085	49	13,0
03.26.	03 23 57	+15 09 38	2,645	2,096	47	13,0
03.31.	03 35 08	+15 45 32	2,695	2,108	45	13,1

C/2010 G2 (Hill). Rik Hill fedezte fel 2010. április 10-én a Catalina Sky Survey 68 cm-es Schmidt-teleszkópjával. A nagyjából 1000 év keringési idejű üstökök ekkor még a Jupiter távolságában járt, de 2011. szeptember 2-án 1,981 CSE-re megközelítette a Napot. Bár az előzetes számítások szerint csak 12 magnitúdóig fényesedett volna, ezt legalább 1 magnitúdóval túlszárnyalta, így 2012 elején még megfigyelhető lesz. A Földtől gyorsan távolodó égitest fényessége rohamosan csökken, látszó mozgása pedig lassul, ahogy eléri stacionárius pontját a Cetus csillagképben. A hónap első estéjén a 2,6 magnitúdós α Cetitől 38 ívpercre délkeletre kereshető, 13-án este szinte átgázol az NGC 1143–1144 jelű kölcsönható galaxispáron, útját már az Eridanus csillagképben fejezi be.

C/2010 G2 (Hill)

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	Δ (CSE)	r (CSE)	E (°)	m_v (m)
01.01.	03 05 30	+04 07 46	1,752	2,445	124	12,1
01.06.	03 00 35	+02 13 38	1,866	2,479	118	12,3
01.11.	02 56 55	+00 37 26	1,986	2,514	111	12,5
01.16.	02 54 20	−00 43 25	2,108	2,549	105	12,7
01.21.	02 52 42	−01 51 15	2,233	2,585	100	12,9

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	Δ (CSE)	r (CSE)	E (°)	m_v (m)
01.26.	02 51 53	-02 48 11	2,359	2,621	94	13,0
01.31.	02 51 47	-03 36 03	2,485	2,658	89	13,2

Jupiter-holdak jelenségei

A Jupiter és holdjai, különösen négy Galilei-holdja egy miniatűr Naprendszer alkotnak. A nagy holdak közel gömbszimmetrikusak, átmérőjük eléri vagy meghaladja a mi Holdunkét. Pályájukon stabil mozgást végeznek, vélhetően kialakulásuk óta. A rendszert távcsövével először megfigyelő Galileit a kis holdak Jupiter körüli mozgása a Nap-középpontú világmodell elfogadására ösztönözte. A holdak mozgásainak megfigyeléséből következett ki Olaf Römer, hogy a fény terjedési sebessége véges, majd a 17–19. században széles körben használták a Jupiter-holdak mozgásának jelenségeit földrajzi helymeghatározására. Manapság, a pontos órák és térképek korában erre nincs szükség. Ugyanakkor az amatőrcsillagász számára élményt jelent a holdak jelenségeinek nyomon követése, sőt, elvégezheti a méréseket is saját örömeire.

A jelenségek négy típusát különböztetjük meg:

1. *A hold elvonul a Jupiter korongja előtt.*

Ebben az esetben maga a holdkorong látható – nagy nagyítással – a Jupiter felhőzete előtt. Általában 25 cm körüli távcső szükséges az észleléshez, a holdak legtöbbször világos korongként jelennek meg. Néha nem könnyű észrevenni őket.

2. *A hold árnyékot vet a Jupiter korongjára.*

Igen gyakori és látványos jelenség, a bolygófelszínen egy kontrasztos fekete pötty jelenik meg, amely lassan vándorol. A hold általában a bolygó látszólagos közelségében tartózkodik, leggyakrabban nincs látóirányunkban. Utóbbi csak oppozíciókor fordul elő.

Az árnyékkorong, amelynek területén a Jupiteren napfogyatkozás zajlik, már közepes, 8–10 cm-es távcsövekkel is látható, de 100–150x-es nagyítást kell alkalmazni.

Az árnyék be- és kilépése nehezen mérhető, inkább a centrálmeridiánon való átmenetet érdemes mérni. Általában ritkábban, de 2012-ben is többször előfordul, hogy egyszerre két hold árnyéka látható a Jupiteren.

3. *A hold belép a Jupiter korongja mögé, majd kilép onnan.*

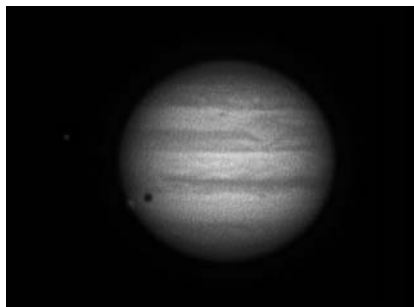
A bolygó eltakarja előlünk egyik vagy másik kísérőjét.

4. *A hold belép a Jupiter árnyékkúpjába, majd kilép onnan.*

A földi holdfogyatkozásnak megfelelő jelenség, amelyet az oppozíció előtt és után kényelmesen megfigyelhetünk, hiszen ilyenkor nem a Jupiter-Nap egyenes mentén tartózkodunk, hanem kis szögben látunk rá a tengelyre. Ugyanakkor a Jupiter árnyékkúpja mindig a Nappal ellentétes irányú, így ilyenkor a bolygó mellett „elnevezve” megfigyelhetjük holdjainak fogyatkozásait, amelyek igen látványosak.

Pontos pozícióméréseket is ezek tettek egykor lehetővé. Mivel a holdak sem pontszerűek és az árnyék széle is elmosódott (a Jupiter légköre miatt), fokozatos fényességcsökkenést tapasztalunk. A megfigyeléshez legalább 5–7 cm-es távcső és 60–80x-os nagyítás szükséges.

A belső holdak (Io, Europa) fogyatkozásai sűrűbben követik egymást, és gyakoribbak is, míg a külső holdak jelenségei ritkábbak. A Callisto fogyatkozásai 6 évente kö-



Holdárnyék a Jupiteren 2004. március 6-án.
Nagy Zoltán Antal és Tordai Tamás felvétele a
Polaris Csillagvizsgáló 20 cm-es refraktorával
készült.

vetkeznek be, jelenleg a fogyatkozások még 4 évig szünetelnek, de a hold a bolygó déli pólusától alig 9"-re halad el. Ennek időpontját külön kiemeljük.



Januárban és februárban a bolygó az esti égbolton jóval oppozíciója után, kényelmes magasságban figyelhető meg.

Ezért csak a derült(ebb) időben kell bízunk, hogy néhány látványos jelenséget észlelhessünk. Január 7-én előbb az Europa, majd az árnyéka is átvonul a korongon, valamint 19:56 és 21:50 UT között láthatjuk a Ganymedes fogyatkozását. Január 14-én ismét az Europa átvonulása és árnyékának megjelenése visz szint a borús téli hétköznapiakba. Február 1-jén

az Europa árnyékát láthatjuk átvonulni, miközben a Ganymedes a Jupiter korongja előtt mutatkozik. Az Io árnyékból való kilépését is észlelhetjük. Február 8-án a konfiguráció hasonló lesz, csak ekkor az Europa maga is átvonul a bolygókorong előtt. A részletes adatokat a mellékelt táblázatok tartalmazzák. A Jupiter és holdrendszere majdnem minden napra ígér több-kevesebb látnivalót.

A Hold csillagfedései

Dátum hó nap		UT h m s			J	Csillag ZC/SAO név m		Hold fázis h		Pozíció CA PA		Korrekció A B	
1	2	18	27	29	be	92548	8,1	64 +	55	68 É	47	+1,5	+1,3
1	4	21	15	27	be	93394	6,9	81 +	53	71 D	95	+1,5	-1,2
1	4	23	28	33	be	489	6,8	82 +	32	56 D	111	+0,5	-2,2
1	6	0	45	50	be	631 51 Tau	5,6	89 +	29	89 D	81	+0,6	-1,2
1	6	23	47	58	be	77003	7,6	94 +	47	79 É	73	+1,3	-0,6
1	7	20	25	19	be	905	6,9	98 +	60	80 D	94	+1,7	+0,4
1	8	1	27	50	be	78006	7,3	98 +	38	87 D	86	+0,9	-1,3
1	8	3	15	19	be	935	6,8	98 +	21	40 D	133	-0,2	-2,1
1	10	0	9	28	ki	97338	7,4	99 -	58	88 É	309	+1,3	-1,7
1	10	2	40	46	ki	1198	6,1	99 -	40	31 É	5	-1,2	-5,0
1	11	1	19	40	ki	1320 FX Cnc	6,7	96 -	53	52 D	261	+1,9	-0,2
1	11	5	27	1	ki	1332 60 Cnc	5,4	96 -	17	36 D	244	+0,6	-1,0
1	11	6	4	32	ki	1341 α Cnc	4,3	96 -	12	12 É	16	-2,3	-7,0
1	12	0	27	8	ki	117836	7,2	91 -	50	81 É	306	+1,4	-0,9
1	12	4	56	23	ki	117904	7,3	90 -	27	48 D	256	+1,0	-1,1
1	12	20	52	28	ki	1528 RX Sex	6,7	85 -	14	74 É	313	+0,4	+0,1
1	12	21	44	48	ki	118314	7,4	85 -	22	61 D	268	+0,8	+1,5

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekcio	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
1 13	1	47	22	ki	118362	7,8	84 – 45		46 D	253	+2,4	+0,8
1 13	2	44	23	ki	118388	7,8	84 – 44		45 É	342	+0,6	-2,3
1 14	0	52	43	ki	1655	6,8	75 – 35		55 É	332	+0,7	-1,1
1 14	3	24	10	be	1670 87 Leo	4,8	74 – 39		-60 É	87	+1,9	-0,3
1 14	4	26	9	ki	1670 87 Leo	4,8	74 – 35		53 É	334	+0,8	-2,0
1 16	4	19	16	ki	1906	7,8	52 – 29		59 É	323	+1,1	-1,1
1 18	3	13	1	ki	183232	7,2	30 – 12		84 É	290	+0,9	+0,7
1 19	3	54	7	ki	2321	8,2	20 – 8		67 É	302	+0,6	+0,5
1 25	16	58	38	be	145965	7,8	6 + 13		81 É	52	+0,4	-0,3
1 25	17	10	54	be	145957	7,9	6 + 11		25 É	355	-0,5	+3,9
1 25	17	41	7	be	145978	9,3	6 + 6		55 É	26	+0,1	+0,7
1 27	16	0	2	be	3501 19 Psc	5,0	19 + 40		66 É	39	+1,1	+0,9
1 27	17	11	0	ki	3501 19 Psc	5,0	19 + 31		-69 É	264	+1,2	-1,2
1 27	17	46	50	be	128399	8,8	19 + 26		41 D	112	+1,2	-2,8
1 28	20	5	18	be	109333	8,1	28 + 14		79 É	54	+0,4	-0,4
1 29	16	52	43	be	194	8,2	36 + 51		89 É	66	+1,6	+0,2
1 29	19	6	16	be	197	7,0	37 + 34		26 É	3	+0,9	+4,7
1 30	17	44	1	be	313	7,1	46 + 54		89 D	71	+1,7	+0,0

Évforduló

50 éve hunyt el Robert Reynolds McMath

Robert Reynolds McMath (1891. május 11. – 1962. január 2.) amerikai csillagász, a nevét viselő McMath–Hulbert Napkutató Obszervatórium (MHSO) megalapítója és első igazgatója, az Amerikai Csillagászati Társaság (AAS) elnöke, valamint az AURA, az amerikai egyetemek csillagászati kutatásainak támogatására létrehozott társaság alapítója.

Mérnöki diplomáját (BCE) a Michigani Egyetemen szerezte meg 1913-ban. McMath már korán érdeklődni kezdett a fotográfia iránt, ami annak is köszönhető, hogy már nagyapja és apja is lelkes amatőr csillagász volt. Apja unszolására kezdett el foglalkozni csillagászzal. Együtt csatlakoznak az 1925. január 24-i napfogyatkozás észlelésére szervezett expedícióhoz, amely a jelenséget egy ballon kosarából szándékozott észlelni. Bár a ballon már a felkészítési folyamat során szétszakadt, mégis fontos ez a vállalkozás, hiszen ennek során ismerte meg H. S. Hulbert detroiti bórót, akivel később egész sor csillagászati kísérletet végzett.

McMath első sikeres asztrofotográfiai próbálkozása 1928 augusztusában történt, amikor egy kézi vezetésű, 10 cm-es len-





csés távcsővel fotósorozatokot készített, hogy megörökítse a holdkráterek megvilágítás-változásait a helyi napkelte időszakában. Az ezekből összeállított film lenyűgözte a Detroiti Obszervatórium új igazgatóját, Ralph Curtisst, aki csatlakozott McMath-hoz és Hulberthez a projekt folytatása céljából. A Michigani Egyetem Csillagászati Tanszéke segítségével McMath cége készítette el a tanszék obszervatóriumának új távcsövét (1930-ban), és McMath számára is megépítettek egy lényegében ezzel azonos mechanikát, amelyre egy Curtiss-szel közösen tervezett 27 cm-es, speciális Newton-rendszerű optikát szereltek. Ez a különleges távcső volt a világ első olyan műszere, amely mindkét tengelye mentén folyamatosan változtatható követési sebességű volt (gyorsított csillagászati filmek készítésére

tervezték). A távcsövet később átalakították a protuberanciák mozgásának filmezésére (például a kalcium H-vonalának hullámhosszán). Ezt megelőzően a csillagászok nem tudták pontosan követni a változásokat, hiszen azok az emberi szem számára túl lassúak. McMath 300–600-szorosra gyorsított filmjei segítettek tisztázni a protuberanciák eredetének és változásainak kérdéseit is.

McMath csillagvizsgálóját 1931 decemberében a Michigani Egyetem Csillagászati Tanszékéhez csatolták McMath–Hulbert Obszervatórium néven (az obszervatóriumot 1961-ig maga Robert McMath igazgatta).

1936-ra elkészült az általa tervezett 15 m-es napészlelő toronyteleszkóp. A II. világháború idején az obszervatórium és kollektívája – az USA más kutatóintézeteihez és tudósaihoz hasonlóan – katonai programokat szolgáltak. Többek között egy ólom-szulfid fotocellával megépített közeli-infravörös érzékelő, valamint egy ólom-tellurid fotocella kifejlesztése fűződik McMath nevéhez. Később ezek segítségével tudták a Föld és a Nap légkörének állapotát vizsgálni infravörös tartományban. A háború befejeztével a napfizika professzorává nevezték ki a Michigani Egyetemen.

McMath szerteágazó érdeklődése, üzleti, mérnöki és tudományos tapasztalata, valamint korábbi állami szolgálatai miatt számos magas rangú testület vezetésével bízták meg. Ezeknek köszönhetően több nagy ívű csillagászati műszerépítési tervet indítványozott és indított el a megvalósulás felé, amelyek közül a legismertebb a Keith Pierce-szel közösen épített, az arizonai Kitt Peak Nemzeti Obszervatóriumban működő 30 m-es naptávcsőve (ma McMath–Pierce-naptávcső néven ismert) és a 4 m-es Mayall-távcső. Ezek elkészültét már nem érthette meg.

Emlékezet: a megemlékezésben is említett távcsöveken és obszervatóriumon kívül az 1955 McMath kisbolygó és egy holdkráter (a Hold túlsó oldalán: É 17,3, Ny 165,6, D = 86 km) őrizi nevét.

Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
1	16: 2,8	Io	ev
	17:18,0	Io	áv
5	22:21,3	Europa	mk
6	0: 3,6	Io	mk
	21:17,2	Io	ek
	22:35,3	Io	ák
	23:27,7	Io	ev
7	16:41,0	Ganymedes	mv
	17: 9,2	Europa	ek
	18:31,8	Io	mk
	19:37,5	Europa	ev
	19:44,8	Europa	ák
	19:56,8	Ganymedes	fk
	21:50,8	Ganymedes	fv
	22: 0,3	Io	fv
	22: 9,0	Europa	áv
8	17: 4,3	Io	ák
	17:56,1	Io	ev
	19:14,0	Io	áv
9	16:29,1	Io	fv
	16:49,5	Europa	fv
13	23:11,4	Io	ek
14	18:24,6	Ganymedes	mk
	19:41,6	Europa	ek
	20:25,3	Io	mk
	20:36,8	Ganymedes	mv
	22:10,2	Europa	ev
	22:20,8	Europa	ák
	23:55,6	Io	fv
	23:58,8	Ganymedes	fk
15	17:40,0	Io	ek
	19: 0,4	Io	ák
	19:50,6	Io	ev
	21:10,0	Io	áv
16	16:46,3	Europa	mv
	17: 1,3	Europa	fk
	18:24,5	Io	fv
	19:28,5	Europa	fv

nap	UT h:m	hold	jelenség
18	16: 3,3	Ganymedes	áv
21	22:16,2	Europa	ek
	22:20,1	Io	mk
	22:22,7	Ganymedes	mk
22	19:35,6	Io	ek
	20:56,5	Io	ák
	21:46,3	Io	ev
	23: 6,0	Io	áv
23	16:48,9	Io	mk
	16:52,1	Europa	mk
	19:24,8	Europa	mv
	19:40,5	Europa	fk
	20:19,9	Io	fv
	22: 7,5	Europa	fv
24	16:15,4	Io	ev
	17:35,1	Io	áv
25	16:38,7	Europa	áv
	18:15,9	Ganymedes	ák
	20: 6,2	Ganymedes	áv
29	21:32,2	Io	ek
	22:52,6	Io	ák
30	18:44,9	Io	mk
	19:32,5	Europa	mk
	22: 5,4	Europa	mv
	22:15,3	Io	fv
	22:19,6	Europa	fk
31	17:21,6	Io	ák
	18:12,3	Io	ev
	19:31,2	Io	áv

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

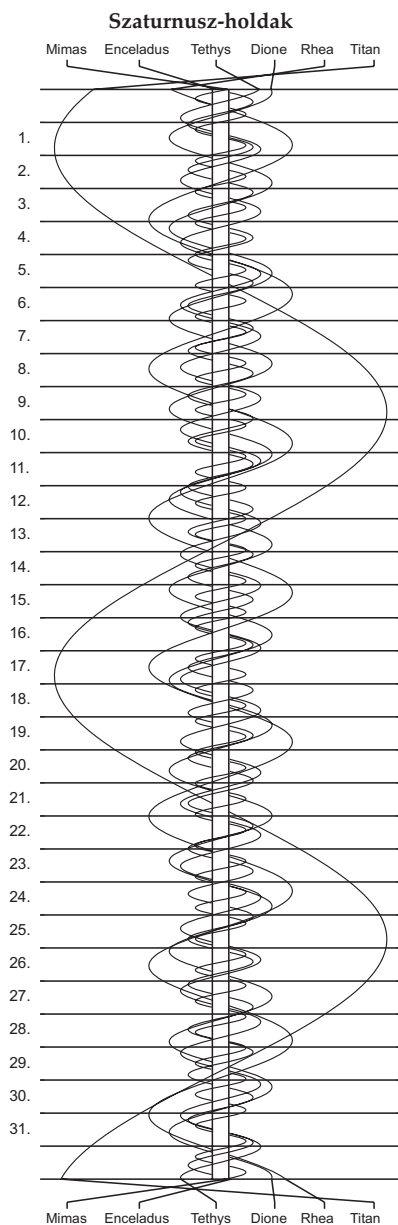
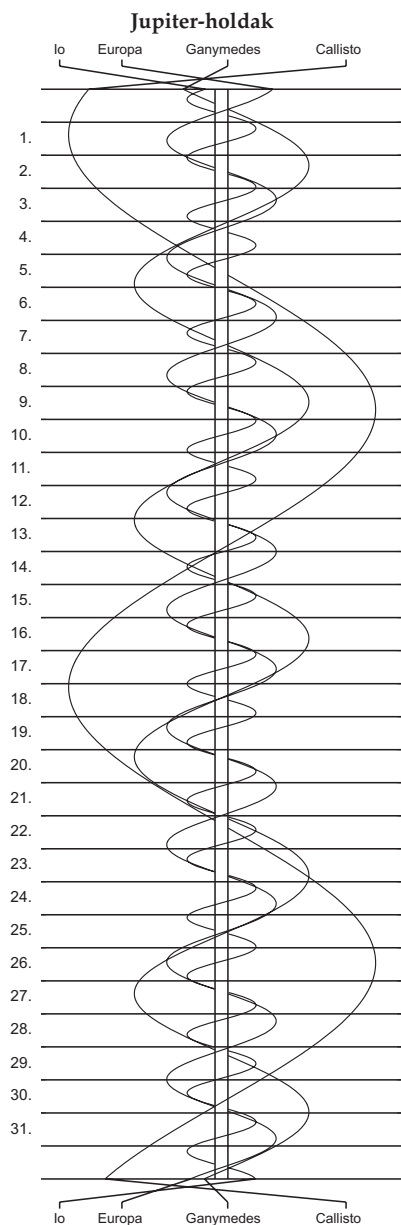
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

m= mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége



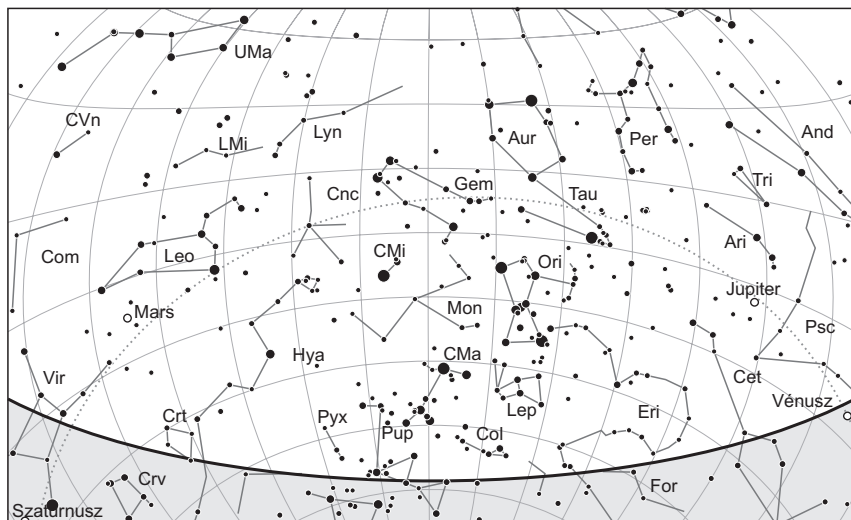
$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – február**

KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			fázis
	kel	delel	nyugszik	h_d	E_t	kel	delel	nyugszik	
	h m	h m	h m	°	m	h m	h m	h m	h m
1. sz 32.	7 11	11 57	16 44	25,3	-13,5	10 54	18 45	1 45	
2. cs 33.	7 09	11 57	16 46	25,6	-13,6	11 34	19 35	2 43	
3. p 34.	7 08	11 57	16 47	25,9	-13,7	12 23	20 26	3 38	
4. sz 35.	7 07	11 58	16 49	26,2	-13,8	13 20	21 18	4 27	
5. v 36.	7 05	11 58	16 51	26,5	-13,9	14 24	22 11	5 11	
6. hét									
6. h 37.	7 04	11 58	16 52	26,8	-14,0	15 33	23 03	5 48	
7. k 38.	7 02	11 58	16 54	27,1	-14,1	16 46	23 54	6 20	○ 22 54
8. sz 39.	7 01	11 58	16 55	27,4	-14,2	18 01	–	6 49	
9. cs 40.	6 59	11 58	16 57	27,7	-14,2	19 17	0 45	7 15	
10. p 41.	6 58	11 58	16 58	28,1	-14,2	20 34	1 35	7 41	
11. sz 42.	6 56	11 58	17 00	28,4	-14,2	21 51	2 26	8 07	
12. v 43.	6 55	11 58	17 02	28,7	-14,3	23 08	3 18	8 36	
7. hét									
13. h 44.	6 53	11 58	17 03	29,1	-14,2	–	4 12	9 08	
14. k 45.	6 52	11 58	17 05	29,4	-14,2	0 24	5 08	9 47	● 18 04
15. sz 46.	6 50	11 58	17 06	29,7	-14,2	1 36	6 06	10 33	
16. cs 47.	6 48	11 58	17 08	30,1	-14,1	2 41	7 04	11 27	
17. p 48.	6 47	11 58	17 09	30,4	-14,1	3 36	8 02	12 30	
18. sz 49.	6 45	11 58	17 11	30,8	-14,0	4 23	8 58	13 37	
19. v 50.	6 43	11 58	17 13	31,1	-13,9	5 01	9 51	14 48	
8. hét									
20. h 51.	6 42	11 57	17 14	31,5	-13,8	5 32	10 41	15 58	
21. k 52.	6 40	11 57	17 16	31,8	-13,7	5 59	11 28	17 06	● 23 35
22. sz 53.	6 38	11 57	17 17	32,2	-13,6	6 23	12 13	18 14	
23. cs 54.	6 36	11 57	17 19	32,6	-13,5	6 45	12 57	19 19	
24. p 55.	6 34	11 57	17 20	32,9	-13,4	7 07	13 39	20 24	
25. sz 56.	6 33	11 57	17 22	33,3	-13,2	7 30	14 23	21 27	
26. v 57.	6 31	11 57	17 23	33,7	-13,1	7 54	15 07	22 30	
9. hét									
27. h 58.	6 29	11 56	17 25	34,0	-12,9	8 21	15 51	23 31	
28. k 59.	6 27	11 56	17 26	34,4	-12,7	8 53	16 38	–	
29. sz 60.	6 25	11 56	17 28	34,8	-12,5	9 30	17 26	0 30	

február

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 455 959	8 42 28	Ignác, Brigitta, Kincső
2.	2 455 960	8 46 24	Karolina, Aida, Johanna, Mária
3.	2 455 961	8 50 21	Balázs, Oszkár
4.	2 455 962	8 54 17	Ráhel, Csenge, András, Andrea, Róbert, Veronika
5.	2 455 963	8 58 14	Ágota, Ingrid, Agáta, Alida, Etelka, Kolos
6.	2 455 964	9 02 10	Dorottya, Dóra, Amanda, Dorina, Dorka, Réka
7.	2 455 965	9 06 07	Tódor, Rómeó, Richárd
8.	2 455 966	9 10 03	Aranka, János, Zsaklin
9.	2 455 967	9 14 00	Abigél, Alex, Apollónia, Erik, Erika
10.	2 455 968	9 17 57	Elvira, Ella, Pál, Vilmos
11.	2 455 969	9 21 53	Bertold, Marietta, Dezső, Elek, Mária, Titanilla
12.	2 455 970	9 25 50	Lívia, Lídia, Lilla
13.	2 455 971	9 29 46	Ella, Linda, Gergely, Gergő, Katalin, Leila, Levente
14.	2 455 972	9 33 43	Bálint, Valentin
15.	2 455 973	9 37 39	Kolos, Georgina, Alfréd, Gina, Györgyi
16.	2 455 974	9 41 36	Julianna, Lilla, Dániel, Illés, Sámuel
17.	2 455 975	9 45 32	Donát, Alex, Elek
18.	2 455 976	9 49 29	Bernadett, Simon
19.	2 455 977	9 53 26	Zsuzsanna, Eliza, Elizabet
20.	2 455 978	9 57 22	Aladár, Álmos, Elemér, Leona
21.	2 455 979	10 01 19	Eleonóra, György, Leona, Leonóra, Nóra, Péter
22.	2 455 980	10 05 15	Gerzson, Gréta, Margit, Pál, Péter
23.	2 455 981	10 09 12	Alfréd, Ottó, Péter
24.	2 455 982	10 13 08	<i>Szökőnap</i>
25.	2 455 983	10 17 05	Mátyás, Darinka, Hedvig, János
26.	2 455 984	10 21 01	Géza, Vanda
27.	2 455 985	10 24 58	Edina, Alexander, Géza, Győző, Izabella, Sándor, Viktor
28.	2 455 986	10 28 55	Ákos, Bátor, Antigone, Gábor, László
29.	2 455 987	10 32 51	Elemér, Antónia



A déli égbolt február 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Bolygók

Merkúr: 7-én felső együttállásban van a Nappal. A hónap második felében már kereshető az esti délnyugati ég alján, láthatósága gyorsan javul. A hónap végén már másfél órával nyugszik a Nap után, idei legjobb esti láthatóságát adva.

Vénusz: Fényesen ragyog az esti délnyugati égen. A hónap elején három és fél, a végén négy órával nyugszik a Nap után. Fényessége $-4,1^m$ -ről $-4,2^m$ -ra, átmérője $15,2''$ -ről $18,4''$ -re nő, fázisa $0,74$ -ről $0,64$ -ra csökken.

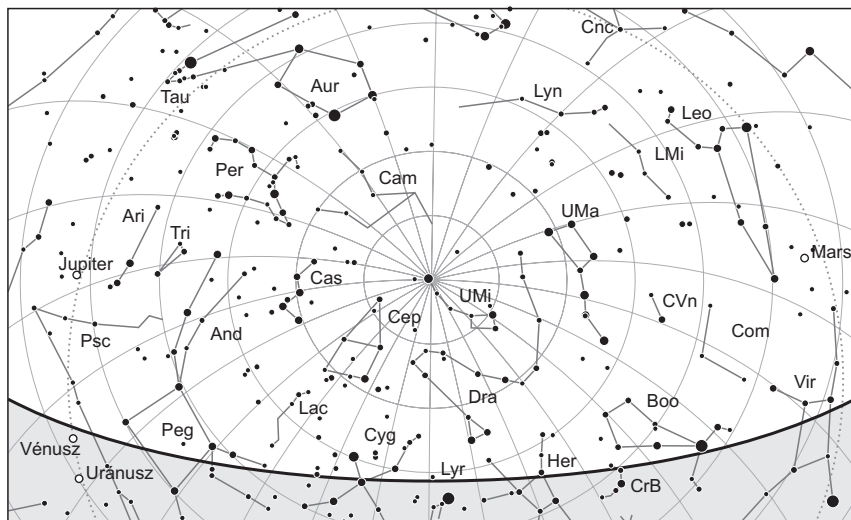
Mars: Hátráló mozgást végez a Szűz, majd az Oroszlán csillagképben. Az esti órákban kel, majdnem egész éjszaka megfigyelhető. Fényessége $-0,6^m$ -ról $-1,2^m$ -ra, átmérője $11,9''$ -ről $13,8''$ -re nő.

Jupiter: Előretartó mozgást végez a Kos csillagképben. A késő esti délnyugati égen látható, feltűnő fényes égitestként, éjfél előtt nyugszik. Fényessége $-2,3^m$, átmérője $38''$.

Szaturnusz: Kezdetben hátráló, majd 8-ától előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Késő este kel, az éjszaka nagy részében látható. Fényessége $0,5^m$, átmérője $18''$.

Uránusz: Sötétedés után kereshető a Halak csillagképben. Kora este nyugszik.

Neptunusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 19-én együttállásban van a Nappal.



Az északi égbolt február 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Eseménynaptár (UT)

Dátum Időpont Esemény

- | | | |
|--------|-------|---|
| 02.01. | 2:21 | A Mars bolygótól a HIP 56787 (8,8 ^m) 31''-re északkeletre |
| 02.01. | 5:01 | A Szaturnusz gyűrűjének legjobb láthatósága (a gyűrű síkjának legnagyobb dőlése) 2012-ben ($B = 15,1^\circ$) |
| 02.01. | 5:15 | A Hold minimális librációja ($l = -2,15^\circ$, $b = -2,18^\circ$) |
| 02.01. | 19:35 | A 65,3%-os, növekvő fázisú Holdtól 3,3°-ra északra a Fiastyúk (M45 nyílthalmaz) |
| 02.03. | 4:59 | A hajnali szürkületben a C/2009 P1 (Garradd) üstökös az M92 gömbhalmaztól (6,5 ^m) 32'-cel délnyugatra |
| 02.03. | 18:01 | A Hold eléri legnagyobb deklinációját 21,9°-nál (81,7%-os, növekvő holdfázis) |
| 02.03. | 19:35 | A Hold mögé belép a ZC 843 (7,0 ^m fényességű kettőscsillag, 82,2%-os, növekvő holdfázis) |
| 02.04. | 17:20 | A Hold mögé belép a 15 Geminorum (6,5 ^m , 88,6%-os, növekvő holdfázis) |
| 02.04. | 18:09 | A 88,9%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől a 16 Gem (6,2 ^m) 1'10''-re délre |
| 02.05. | 20:52 | A Hold nyugati librációja ($l = -5,78^\circ$, $b = 4,15^\circ$) |
| 02.07. | 0:12 | A Hold mögé belép a 29 Cancrri (6,0 ^m , 98,9%-os, növekvő holdfázis) |
| 02.07. | 10:36 | A Merkúr bolygó felső együttállásban a Nappal (a Naptól 2,1°-ra) |
| 02.07. | 17:45 | Az Europa (Jupiter-hold) megközelíti 2''-re a TYC 633-535-1-et (9,7 ^m) |

Dátum Időpont Esemény

02.07.	21:54	Telehold (a Hold a Cancer csillagképben)
02.07.	22:26	A Hold maximális librációja ($l = -4,97^\circ$, $b = 6,07^\circ$)
02.08.	22:31	A (116) Sirona kisbolygó ($12,0^m$) a 80 Vir-tól $5'9''$ -re délre
02.09.	4:52	A reggeli szürkületben a (20) Massalia kisbolygó ($12,0^m$) az M 20 diffúz ködől (Trifid-köd, $6,3^m$) $7,5'$ -re keletre
02.09.	6:09	A Merkúr bolygó eléri legnagyobb látszó fényességét, $-1,5$ magnitúdót (a bolygó látszó átmérője $4,9''$, fázisa $99,7\%$)
02.09.	12:58	A Hold északi librációja ($b = 6,59^\circ$, $l = -3,41^\circ$)
02.09.	18:36	A Vénusz bolygótól $28'$ -cel délkeletre a Uránusz
02.09.	21:50	A Hold mögül kilép a 62 Leonis ($6,0^m$, $94,7\%$ -os, csökkenő holdfázis)
02.10.	4:50	A reggeli szürkületben a (20) Massalia kisbolygó ($12,0^m$) az M 21 nyílthalmaztól ($5,9^m$) $31,4'$ -re délre
02.10.	6:10	A (433) Eros kisbolygó oppozícióban ($8,8^m$, Hydra csillagkép)
02.11.	17:08	Az esti szürkületben a Vénusz bolygótól a HIP 1169 ($7,0^m$) $2'46''$ -re nyugatra
02.11.	18:45	A Hold földközeli (földtávolság: $367\,892$ km, látszó átmérő: $32'29''$, $81,2\%$ -os, csökkenő holdfázis)
02.12.	22:48	A $69,6\%$ -os, csökkenő fázisú Holdtól $6,6^\circ$ -kal északra a Szaturnusz bolygó
02.14.	17:04	Utolsó negyed (a Hold a Libra csillagképben)
02.14.	17:13	Az esti szürkületben a Vénusz bolygótól a HIP 2166 ($7,3^m$) $2'4''$ -re délre
02.15.	0:32	A Hold minimális librációja ($l = 2,66^\circ$, $b = 1,30^\circ$)
02.15.	2:26	A (22) Kalliope kisbolygó ($11,1^m$) az M 36 nyílthalmaztól ($6,0^m$) $18,9'$ -re északra
02.15.	5:24	A $44,2\%$ -os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől a δ Sco ($2,5^m$) $2'53''$ -re délre
02.15.	20:59	A Mars bolygó naptávolban ($1,665984$ csillagászati egységre)
02.16.	3:39	A Hold mögül kilép a 24 Ophiuchi ($5,6^m$ fényességű kettőscsillag, $34,1\%$ -os, csökkenő holdfázis)
02.16.	6:22	A Hold eléri legkisebb deklinációját $-23,2^\circ$ -nál ($32,9\%$ -os, csökkenő holdfázis)
02.17.	16:57	Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból $19:24$ UT-kor
02.17.	18:47	A (6) Hebe kisbolygó ($9,6^m$) az NGC 3489 galaxistól ($10,3^m$) $8,2'$ -re északkeletre
02.18.	4:48	A Hold mögül kilép a ξ^2 Sagittarii ($3,5^m$, $15,0\%$ -os, csökkenő holdfázis)
02.19.	20:10	A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból $22:01$ UT-kor
02.19.	20:40	A Neptunusz bolygó együttállásban a Nappal (a Naptól $0,5^\circ$ -ra)
02.20.	4:45	A Hold keleti librációja ($l = 4,68^\circ$, $b = -5,64^\circ$)
02.20.	5:11	41 óra 24 perces holdsarló $5,1^\circ$ magasan a hajnali égen
02.20.	17:21	Az esti szürkületben a (192) Nausikaa kisbolygó ($11,7^m$) az M 74 galaxistól ($9,4^m$) $10,3'$ -re északra
02.21.	5:09	17 óra 25 perces holdsarló $1,1^\circ$ magasan a hajnali égen
02.21.	20:33	A Hold maximális librációja ($l = 4,41^\circ$, $b = -6,47^\circ$)

Dátum Időpont Esemény

02.21.	22:35	Újhold (a Hold az Aquarius csillagképben)
02.22.	12:56	A Hold déli librációja ($b = -6,54^\circ$, $l = 4,14^\circ$)
02.22.	16:48	Az esti szürkületben a 0,8%-os (18 óra 14 perces holdsarló) növekvő fázisú Holdtól $6,8^\circ$ -kal délkeletre a Merkúr bolygó, $35,3^\circ$ -kal keletre a Vénusz
02.23.	16:50	Az esti szürkületben a 3,3%-os (42 óra 15 perces holdsarló), növekvő fázisú Holdtól $8,1^\circ$ -kal délnyugatra a Merkúr bolygó
02.23.	16:50	42 óra 15 perces holdsarló $13,6^\circ$ magasan az esti égen (a Merkúr bolygótól $8,1^\circ$ -ra északkeletre, a Vénusz és a Jupiter bolygótól $24,1^\circ$ -ra, illetve $42,1^\circ$ -ra nyugatra)
02.24.	4:28	A reggeli szürkületben a (44) Nysa kisbolygó ($11,8^m$) az NGC 6440 gömbhalmaztól ($9,3^m$) $3,1'$ -re északnyugatra
02.24.	16:51	Az esti szürkületben a Hold, a Merkúr, Vénusz és a Jupiter bolygók egy vonalba rendeződve látszanak az esti égbolton
02.27.	8:39	(6) Hebe kisbolygó oppozícióban ($9,5^m$, Leo csillagkép)
02.27.	14:07	A Hold földtávolban (földtávolság: 404 898 km, látszó átmérő: $29'31''$, 27,5%-os, növekvő holdfázis)
02.27.	20:31	A Hold mögé belép a 36 Arietis ($6,5^m$, 29,8%-os, növekvő holdfázis)
02.28.	7:07	A Hold minimális librációja ($l = -2,01^\circ$, $b = -2,21^\circ$)
02.29.	17:12	Az esti szürkületben a Hold mögé belép az 53 Tauri ($5,4^m$, 46,8%-os, növekvő holdfázis)
02.29.	17:34	A Jupiter bolygótól $15'$ -cel északnyugatra a (27) Euterpe kisbolygó ($11,4^m$)

Február 22.: 18 órás holdsarló

31 órás holdsarló 2009. május 25-én. Ezt a felvételt Ábrahám Tamás készítette Zsámbékról, Canon EOS 400D digitális fényképezőgéppel és Pentacon 4/200-as teleobjektívvel.

Február 22-én alkonyatkor tiszta láthatár esetén jó esély nyílik a 18 órás holdsarló megpillantására három bolygó társaságában. A Hold körülbelül 9 fokra lesz a Nap felett, körülbelül 50 perccel később nyugszik utána, s mintegy 6 fokra a Holdtól még a Merkúr is a horizont felett látható a Vízöntő csillagképben. Jóval magasabban áll ekkor a ragyogó Vénusz (a Halak csillagképben) s még feljebb (a Cetben) pedig a Jupiter. A megfigyelésre leginkább alkalmas időszak mintegy fél órával napnyugta után adódhat, ekkor a Hold 5 fok magasságban látható, a Vénusz 35° , a Jupiter pedig 49° fokon. 25-én alkonyat után a Hold a Vénusztól körülbelül 5 fokra lesz, 26–27-én pedig a Jupitert közelíti meg körülbelül 7 fokra a már „dagadó” égi kísérőnk.

Üstökösök

C/2009 P1 (Garradd). Várhatóan ebben a hónapban éri el maximális fényességét 5,5 magnitúdó környékén, és gyors, északi irányú mozgásának köszönhetően cirkumpoláris égítettté válik, így már az esti órákban is megfigyelhető lesz. A Herculesből a Dracon keresztül egészen az Ursa Minor széléig jutó üstökös február 3-án fél fokra megközelíti az M92 jelű gömbhalmazt, így hajnalban és este szép asztrofotók készítésére nyílik mód.

21P/Giacobini–Zinner. A Draconidák meteorraj szülőüstököse február 11-én éri el napközelpontját, ám szinte pontosan a Naprendszer áttelenes oldalán. Így hiába közelíti meg központi csillagunkat 1,030 CSE-re, bolygónktól majdnem 2 CSE távolságban lesz. Nagyon kicsi, 24 fokos elongációban láthatjuk az esti égen, ám 10-11 magnitúdós fényessége miatt lehet remény megpillantására. A csillagászati szürkület kezdetén 10-12 fok magasan látszó üstökös észleléséhez tökéletes nyugati horizont, remek átlátszóság, minél nagyobb távcső és jó adag elszántság szükséges.

21P/Giacobini–Zinner

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	Δ (CSE)	r (CSE)	E (°)	m _v (m)
02.01.	22 18 44	−04 06 21	1,856	1,042	24	10,6
02.06.	22 40 34	−03 49 30	1,851	1,034	24	10,6
02.11.	23 02 30	−03 30 07	1,850	1,031	24	10,5
02.16.	23 24 27	−03 08 28	1,852	1,032	24	10,5
02.21.	23 46 20	−02 44 53	1,858	1,039	24	10,6
02.26.	00 08 05	−02 19 43	1,868	1,050	25	10,7

82P/Gehrels 2. Az üstökös várható fényessége meglehetősen bizonytalan, 10 és 13 magnitúdó között bármekkora lehet, így megfigyelése különösen fontos. Az esti égen kelet felé tartó üstökös a Piscesből az Ariesbe jut, miközben a Cet csillagképen is tartózkodik néhány napot. A Naptól és a Földtől is távolodik, így fényessége minden bizonnyal csökkenni fog, miközben 5-én este áthalad az NGC 652 jelű galaxis előtt.

A Tobias Mayer-kráter

A hatalmas méretű és impozáns Copernicus-krátertől három kráterátmérőnyivel északnyugatra, a Montes Carpatius nyugati szélénél található a Tobias Mayer-kráter. Átmérője 33 kilométer, mélysége 2920 méter. Alakja meglehetősen szabálytalan, inkább hatszög, mint kör. Bár közepes méretű kráter, mégsem különösebben feltűnő alakzat, de egy binokulárral már megpillanthatjuk. A Tobias Mayer keleti falával érintkezik egy mindössze 16 kilométeres kráter, a Tobias Mayer A. Ez a kicsiny, fiatalos megjelenésű, tál alakú kráter sokkal később keletkezhetett, mint nyugati szomszédja. Thomas William Webb a XIX. században úgy tekintett a Tobias Mayer A-ra, mint amely „szép példánya egy rákövetkező kitörésnek”, vagyis Webb még vulkanikus eredetűnek gondolta a holdbéli krátereket, közöttük a Tobias Mayert és az A jelűt is. A XX. század második felére, főleg az Apollo-expedíciók után már nagyon kevés kutató tartott ki a vulkáni



A Tobias Mayer-kráter a Lunar Reconnaissance Orbiter felvételén.

modell mellett, ezzel együtt a Tobias Mayer nem igazán illeszkedett bele a becsapódásos kráterek „fősorozatába”. Egészen az 1970-es évekig a becsapódásos elmélet hívei közül is sokan vulkanikus eredetűnek tartották.

A Tobias Mayer az úgynevezett Gambart típusú kráterek osztályába tartozik. Jó néhány kráter tartozik ehhez a csoporthoz, a névadó Gambarton és a Tobias Mayeren kívül a Reinhold B, Kunowsky, Encke és a Gay Lussac. Mindegyikük meglehetősen sima aljú, egyenletes vastagságú külső és belső sáncfalú, polygonális alakú és sekély kráter. A kidobódott

törmeléktakaró hiányzik, csakúgy, mint a központi csúcs. A mai általános vélekedés szerint a Gambart típusú kráterek másodlagos kráterek, melyeket az Imbrium-meden-cét létrehozó becsapódás során kirepülő, majd visszahulló törmelékek hoztak létre.

A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT h m s	J	Csillag ZC/SAO név	m	Hold fázis h	Pozíció CA PA	Korrekció A B
2 3	19 35 23	be	X 75822	7,0	82 + 65	60 É 56	+2,0 +1,7
2 3	19 35 28	be	843	7,0	82 + 65	60 É 56	+2,0 +1,6
2 3	21 22 35	be	851	6,4	83 + 56	83 D 93	+1,5 -1,0
2 4	17 20 29	be	989 15 Gem	6,7	89 + 46	87 D 93	+1,2 +1,1
2 5	19 33 50	be	96897	7,3	95 + 55	63 É 65	+1,7 +2,1
2 5	19 37 37	be	1124	6,9	95 + 55	19 D 162	+1,3 -3,5
2 6	20 9 17	be	1257	7,3	99 + 50	42 D 133	+1,3 -0,8
2 7	0 12 8	be	1271 29 Cnc	5,9	99 + 48	67 D 105	+1,3 -1,4
2 8	22 19 17	ki	118150	7,3	98 - 44	54 D 276	+1,6 +0,4
2 9	21 50 26	ki	1605 62 Leo	6,0	94 - 31	71 D 284	+1,1 +0,7
2 10	0 53 13	ki	138004	7,5	94 - 42	40 D 254	+2,3 +0,4
2 10	4 16 9	ki	1629	6,6	93 - 22	50 É 344	+0,4 -2,5
2 11	4 1 27	ki	1745 RW Vir	7,1	86 - 26	90 É 299	+1,1 -1,5
2 12	4 6 9	ki	1872	7,3	77 - 26	43 D 249	+1,8 -0,4
2 16	3 38 30	ki	X138346	6,3	34 - 13	78 D 264	+1,3 +1,1
2 16	3 38 32	ki	2434 24 Oph	5,6	34 - 13	78 D 264	+1,3 +1,1
2 17	4 37 3	ki	2588	7,0	23 - 13	50 É 311	+1,0 +0,2
2 17	4 44 38	ki	186053	7,5	23 - 14	33 É 327	+0,9 -0,5
2 18	4 48 29	ki	2759 ξ^2 Sgr	3,5	15 - 10	48 D 224	+1,3 +2,0
2 27	19 24 52	be	93057	7,6	29 + 29	57 É 38	+1,0 +0,5
2 27	20 5 54	be	93073 AM Ari	7,3	29 + 22	58 D 104	+0,2 -2,0

Dátum	UT	J	Csillag	Hold	Pozíció	Korrekcio
hó nap	h m s		ZC/SAO név m	fázis h	CA PA	A B
2 27	20 31 2	be	402 36 Ari	6,4 29 + 18	76 É 58	+0,4 -0,6
2 28	21 54 8	be	520	7,5 39 + 14	67 É 54	+0,3 -0,5
2 29	17 12 15	be	633 53 Tau	5,5 47 + 62	56 D 115	+1,9 -1,6
2 29	18 36 18	be	76565	7,1 47 + 54	61 D 110	+1,4 -1,8
2 29	18 59 1	be	642	6,8 47 + 50	10 D 160	+0,4 -7,3
2 29	21 36 26	be	76609	7,4 48 + 25	36 É 27	+1,5 +1,6

Évforduló

250 éve hunyt el Tobias Mayer

Tobias Mayer (1723. február 17. – 1762. február 20.), német csillagász, aki matematikusként és térképészként is figyelemre méltó személyisége volt korának.

Apja korai halála miatt nyolcévesen árvaházba került, ahol matematika iránti érdeklődése és tehetsége, valamint rajzkészsége is kibontakozott. Önmagát képezte a kor legjobb matematikai könyvei olvasásával. Első tudományos értékű munkáját geometriai problémák analitikus megoldásairól írja 1741 körül. Ismereteinek és felkészültségének magas fokát mutatja, hogy 1745-ben már a *Matematikai Atlasz* című munkáját készíti el. Ezután Nürnbergbe kerül, a Homann Kartográfiai Hivatalba, ahol öt éven keresztül a térképezés továbbfejlesztésén dolgozik: 30-nál több térképet rajzol meg, amelyekkel a földrajzi adatok kezelésének új szabványait is megalkotta, és újszerű volt a csillagászati adatok alkalmazása a földrajzi koordináták meghatározásában.

1747–48-ban a Hold nagyszámú meridiánátmenetét észleli, amelynek során kísérőnk átmérőjét sorozatosan méri. Emellett 89 főbb holdi képződmény szelenografikus koordinátáját határozza meg – ennek során veszi észre a Hold mozgásának szabálytalanságait.

Legjelentősebb munkája az 1750-ben kiadott Kozmográfiai Hírek, amelyben egyebek között az általa készített mikrométer leírását, fényes csillagok okkultációinak megfigyelését, valamint a Hold librációjának és légkörnélküliségének tárgyalását is megtalálhatjuk. Másik korszakos munkája az 1752-ben összeállított, 1 ívperc pontosságú Hold- és Nap-táblázatok, melynek eredményeit össze is hasonlította a távcső feltalálása óta történt összes nap- és holdfogyatkozás-észlelések méréseivel. Ebből arra a következtetésre jutott, hogy minden eltérés a csillagok koordinátáinak hibáiból és a mérőeszközök



tökéletlenségéből adódott. Ez irányú érzékenységet mutatja, hogy sokat dolgozott a Göttingenben felállított 1,8 m sugarú fali kvadráns pontosságának növelésén, valamint egy szögmérő eszköz, a „reflexiók kör” kifejlesztésén.

Nevéhez fűződik még egy új fogyatkozásszámitási eljárás kidolgozása, a légköri refrakció hőmérsékletre is kompenzált formulájának felállítása, a színekről szóló elmélet kidolgozása (három alapszín létének megállapítása), egy 998 csillagot tartalmazó állatövi csillagkatalógus, a csillagok sajátmozgására vonatkozó első eredmények, a Jupiter és a Föld perturbációinak kimutatása a Mars mozgásában, valamint a földmágnesség vizsgálata és az első jelentős kísérlet a mágneses kölcsönhatás matematikai elméletének felállítására. Eredményeinek egy része csak halála után jelent meg: Georg Christoph Lichtenberg adta ki *Opera inedita Tobiae Mayeri* címmel (1775, Göttingen). Ennek melléklete volt az a térkép, amely fél évszázadon át számított a legpontosabb holdtérképek.

Emlékezet: nevét holdkráter őrzi (15,6° É, 29,1° Ny, D = 33 km, mélység: 2,9 km).

Ha felszáll a köd...

A téli hónapokban nincs könnyű helyzetben az amatőrcsillagász, hiszen a gyakori borús égbolt mellett a hideggel is meg kell küzdenie. Ha néha-néha felnyílik a felhőfátyol, azonnal leszáll a köd, és hetekig meg is marad. De a legbarátságtalanabb téli időben is akad egy-két szép, derűs éjszaka, ilyenkor a hosszú, 13 órás sötétség idején igen sok célpontot vehetünk szemügyre – ha bírjuk a hideget.

A téli éjszakák emblémája az Orion. Ez a négyyszög alakú, jellegzetes csillagkép egy álló emberalakot formáz, melyben számos mélyég-objektumra lelhetünk. Rögtön a leghí-

resebb és legszebb az Orion-köd (M42-43) komplexuma. A szabad szemmel is felsejlő gázköd még telihold mellett is észlelhető, sötét égbolt alatt és egy ködszűrő hatására akár fényképszerű látvány is élénk tárulhat. Sokan hajlamosak az Oriont „egyobjektumos” csillagképnek tartani, holott számos csillaghalmaz és gázköd található még itt. Tőle északra a Bika (Taurus) jellegzetes V alakjának hegyénél található a jellegzetesen vörös színű Aldebaran. Környezetében számos halvány csillag alkotja a Hyadok csillaghalmaz 5 fok átmérőjű foltját, melyet szabad szemmel is felbonthatunk. Innen néhány fokkal északnyugatra ragyog az északi ég egyik legfényesebb, legszebb és legközelebbi csillaghalmaza, a Plejádok (Fiastyúk), amely Charles Messier katalógusába M45-ként került be. Ennek oka talán az lehetett, hogy a szürkületben a horizont közelében látszó csillagsoport a szabad szemmel észlelő



Az Orion-köd Becsehelyről, a Canis Minor Csillagvizsgálóból. Gazdag Attila és Perkö Zsolt felvétele Meade LX200 GPS 16" (40 cm-es) távcsővel, Canon EOS 350D kamerával készült mozaik (120 másodperces képekből), amely ISO 800-as érzékenységen készült.

üstökös vadászok egy új égi jövevénynek hihették. A ζ Tau-tól ÉÉNy-ra bő 1 fokkal fedezzük fel nagyobb binokulárral, kis távcsővel a láng alakú M1-et, amely listájának létrehozására ihlette Messiert.

A Szekeres (Auriga) három Messier-objektumával és néhány fényesebb NGC halmazzal büszkélkedhet, de ezenkívül néhány gázköd is fellelhető benne. A három halmaz, az M38, M36 és M37 ebben a sorrendben egy észak-dél irányú vonalba rendeződik, néhány fokra egymástól.

A Gemini avagy Ikrek, Castornak és Polluxnak állít emléket. A Dioszküroszoknak hívott testvérpár Zeusz és Léda gyermekei, akik a rómaiak kedvelt istenei voltak. A csillagkép nyugati szélén, az Orion és a Bika határa közelében találjuk az 5 magnitúdós fényességével szabad szemmel is kivehető M35-öt, amely binokulárokkal és kis távcsövekkel is felemelő látványt nyújt, részben felbontható csillagaira. Közelében az NGC 2158-at, ezt a 8–9 magnitúdós, igen sűrű nyílthalmazt találjuk. Igen érdekes a kontraszt a könnyen bontható M35 és utóbbi között. A halványabb, távoli halmazocska 7 cm-es átmérőtől kereshető.

A Monoceros (Egyszarvú) tejutas csillagkép, de ennek ellenére nincs 4 magnitúdónál fényesebb csillaga, így szabad szemmel, különösen városból, nem vagy alig ismerhető fel. Távcsővel azonban számos szép csillaghalmazra és ködre akadhatunk a területén, így a Rozetta-ködre, amely 5 magnitúdós, és benne egy 4 magnitúdós csillaghalmaz (NGC 2244) található, valamint az NGC 2264-re (Karácsonyfa-halmaz), amely szokatlan nevét alakjáról kapta. Főcsillaga az S Monocerotis, és ez is szépen látszik pusztá szemmel.

A délebbi területeken az M50 6 magnitúdó körüli foltja jelent felüdülést a szemnek – már ha képesek vagyunk a -10° deklináció környékéig lemerészkedni, és nem gátol meg ebben bennünket egy közeli fa, épület, esetleg a pára.

Innen délebbre két csillagkép helyezkedik el: a Nagy Kutya (Canis Maior) jelenlétére általában csak a Sirius utal, ha rossz vagy fényszennyezett az égbolt. Ez a csillag az állócsillagok között a legfényesebb, $-1,43$ magnitúdós. A csillagképben számos fényes és halványabb nyílt csillaghalmaz található, mivel erre húzódik a Tejút sávja. Ezeket az égitesteket azonban csak városoktól távol vehetjük szemügyre. Az M41 mindjárt a Siriustól 4 fokkal délre található, $4,5^m$ körüli hatalmas folt, szabad szemmel is látszik, és binokulárokkal, kis távcsövekkel is remek látványt nyújt. Az NGC 2362 sokkal délebbre van és fényesebb is: $4,1^m$, de ez javarészt egyetlen, $4,5$ magnitúdós tagjától származik. Ezt a csillagot a többi halmaztag úgy veszi körül, mint tyúkanyót a kiscsibéi.

A Hajófar (Puppis) egy korábbi, nagy kiterjedésű és teljes egészében csak délebből látható alakzat, az Argonauták Hajójának nyugati része. Ezt a csillagképet a könnyebb kezelhetőség érdekében osztották fel több részre (Carina, Puppis, Vela).



Tarczai Patrik, ifjú tagtársunk örököltette meg az M1-et 25 cm-es távcsővel, Canon EOS 550D fényképezőgéppel, $17 \times 5,5$ perc expozícióval, ISO 800 mellett.

A Tejút végigvonul a három csillagképen, ezért a Puppis északi, tőlünk is elég jól megfigyelhető szakaszában sok fényes csillaghalmazzal találkozhat az égi vadász. Leglátványosabb az M47 és M46 párosa: előző egy 4-5 magnitúdó közötti, kevés, de fényes tagból álló nyílthalmaz, míg utóbbit sok száz, halvány csillag alkotja, amelyek együttes fényessége 5-6 magnitúdó közötti.

A fenti, rövid felsorolás alapján kiderül, a téli égbolt bizony számos csodát rejtget, éppen ezért a következő ígéretes derült idő alkalmával települünk ki egy jobb atlasz birtokában egy fényszennyezéstől mentes észlelőhelyre. A legfelemelőbb élmény az, amikor útnak indulunk a hegyekbe, amelyek csúcsai sokszor kiemelkednek a ködburokból, és éjjel soha nem látott szépségű, csillagporos ég alatt fürkészhettük a Világmindenség titkait.

Internet ajánlat: melyeg.mcse.hu – Mélyég kalauz I.

50 éve történt

1962. február 20-án, a Mercury–Atlas-6 misszió során John Glenn személyében amerikai űrhajós is átlépte a világűr küszöbét.

A hidegháború éveiben egymásnak feszülő két nagyhatalom az űr „meghódítását” is vetélkedésük színterének tekintette. Az elsőség Jurij Gagarin 1961. április 12-i történelmi repülésével eldőlt – azonban Amerika is bizonyítani akart. Az Amerikai Egyesült Államok a „Mercury” nevű program céljaul tűzte ki ember Föld körüli pályára juttatását és onnan történő biztonságos visszahozását. A nevezetes repülést közvetlenül Alan Shepard és Virgil Grissom két „űrugrása” (szaknyelven szub-orbitális repülése, 1961. május 5. és július 21.) valamint egy Enos nevű csimpánz Mercury–Atlas-5 űrhajóval megtett két teljes Föld körüli keringése (1961. november 29-én) előzte meg. Az első amerikai űrhajós, John Glenn űrutazására 1961. február 20-án került sor.



Az űrhajót minden asztronauta maga nevezhette el, Glenn politika- és ideológiai-mentes nevet akart választani, így „Friendship 7”-re (Barátság 7) keresztelte el a történelmi kapszulát. Az alig 1,2 tonnás kis szerkezet már a maga idejében is kezdetlegesnek volt mondható, és sok technikai problémával küzdöttek a próbák és a későbbi „éles” használat során is. A start 14:47 UTC-kor történt, tartalékként Scott Carpenter állt készenlétben. Maga a rakéta rendben működött, a pályára állás a tervezettől alig eltérő módon sikerült: az első számítások 7, a későbbi, még pontosabb számítások akár 100 keringést is lehetségesnek ítélték meg. Azonban az űrhajó említett műszaki bizonytalanságai miatt mindezt 3-ra csökkentették, és még ezt is minden keringés után felülvizsgálták.

Az első kör nagyjából rendben zajlott le, Glenn folyamatosan megfigyelte a Földet: például látott egy afrikai homokvihart és egy hihetetlen élményt nyújtó úrbeli naplementét. Az első fordulat végére az egyik helyszabályozó fűvóka elromlott, de Glenn 20 percnyi kapcsolgatóssal végre elérte, hogy rendbejőjön. Az engedélyezett második kör viszont komolyabb problémával indult: az úgynevezett „leszállócsomag” (ez tartalmazta a hővédő pajzsot és a felfúvódó ballonokat is) nyitott állásúnak mutatkozott. Ha így kezdte volna meg a leszállást a Friendship 7, még a légkörbe lépés előtt elveszthette volna ezt az életfontosságú egységet, és Glenn a kabinnal együtt elégett volna visszatérés közben. A kabinban lévő kapcsoló egyébként bekapcsolt állásban volt, ezért fennállt az a lehetőség is, hogy csak az érzékelő romlott el. Közben komolyabb bajok is kezdődtek: az úrruha hűtőrendszere tökéletlennek bizonyult, egyre inkább melege lett Glenn-nek. A tartalék oxigénkészlet 12%-a pedig valamilyen okból elszókött. A második kör vége felé pedig már az is látszott, hogy a megfelelő pályán tartáshoz a tervezetthez képest sokkal több üzemanyag fogy. Erre az a döntés született, hogy a repülés hátralévő idejében hagyják szabadon keringeni az űrhajót.

Mínthogy más probléma nem merült fel, engedélyezték a harmadik kört is. A leszállócsomag folyamatosan fennmaradt problémája miatt feszült volt a helyzet – azt találták ki, hogy Glenn ne robbantsa le a fékezőrakétát, miután az elvégezte a feladatát, mert annak pántjai még egy ideig a helyén tarthatják a hővédő pajzsot is. A légkör sűrűbb rétegeibe belemerülve a sűrűlódási hőtől a kabin körüli levegő plazmaállapotúra hevült – Glenn izgatottan számolt be furcsa sűrűlódó hangokról és az egyre erősödő lángtenger látványáról. Ekkorra égtek át a fékezőrakéta pántjai, és ez volt a repülés legkritikusabb pillanata: szerencsére másodpercek elteltével kiderült, hogy minden rendben van, a pajzs továbbra is a helyén maradt. Glenn nem sokkal később, körülbelül 60 km-re az eredetileg tervezett leszállási helytől az Atlanti-óceánban landolt. Hősi tetteivel az Amerikai Egyesült Államok az emberes űrrepülések tekintetében is felzárkózott a Szovjetunió mellé, második űrhatalomként.

Egy különleges rekord is fűződik Glenn nevéhez, pedig már meghaladja az ötszázat az űrhajósok száma. Ő volt eddig a legidősebb űrhajós űrutazása során: 77 évesen, 1998. október 29-én repült az STS-95 küldetéssel a Discovery fedélzetén.



Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
1	16:41,3	Europa	ev
	16:43,8	Ganymedes	ek
	16:44,1	Io	fv
	16:51,1	Europa	ák
	18:57,0	Ganymedes	ev
	19:14,7	Europa	áv
6	22:18,4	Ganymedes	ák
	20:41,9	Io	mk
	22:14,9	Europa	mk
7	17:59,3	Io	ek
	19:17,7	Io	ák
	20:10,2	Io	ev
	21:27,3	Io	áv
8	16:51,7	Europa	ek
	18:39,5	Io	fv
	19:21,1	Europa	ev
	19:27,3	Europa	ák
	20:53,4	Ganymedes	ek
	21:50,7	Europa	áv
10	16:45,1	Europa	fv
12	17:58,8	Ganymedes	fv
14	19:57,8	Io	ek
	21:13,7	Io	ák
	22: 8,9	Io	ev
15	17: 9,4	Io	mk
	19:33,0	Europa	ek
	20:34,9	Io	fv

nap	UT h:m	hold	jelenség
15	22: 2,5	Europa	ev
	22: 3,4	Europa	ák
16	17:52,2	Io	áv
	16:55,1	Europa	mv
17	16:57,5	Europa	fk
	19:23,7	Europa	fv
	17:16,4	Ganymedes	mv
19	20: 9,7	Ganymedes	fk
	22: 1,2	Ganymedes	fv
	21:57,2	Io	ek
21	19: 8,2	Io	mk
22	17:38,5	Io	ák
	18:38,2	Io	ev
	19:48,2	Io	áv
24	16:59,1	Io	fv
	17: 8,7	Europa	mk
26	19:17,5	Ganymedes	mk
	21:34,1	Ganymedes	mv
29	21: 7,6	Io	mk

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

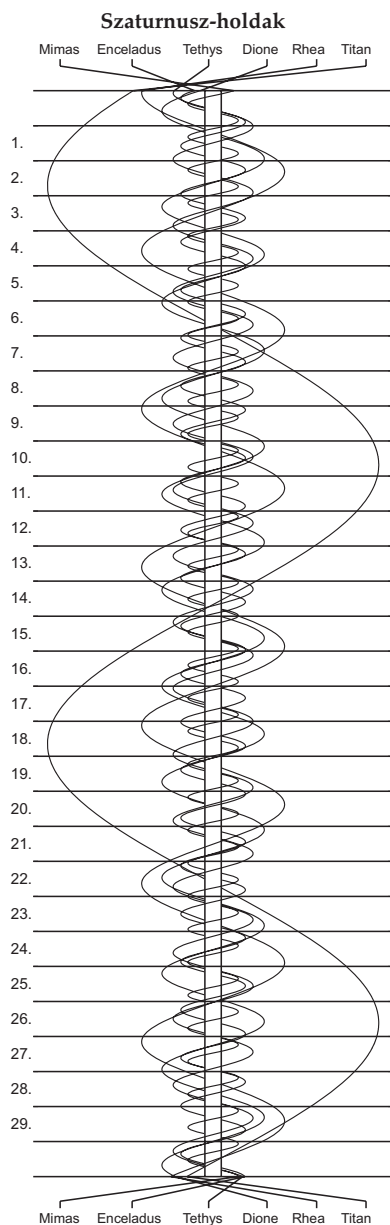
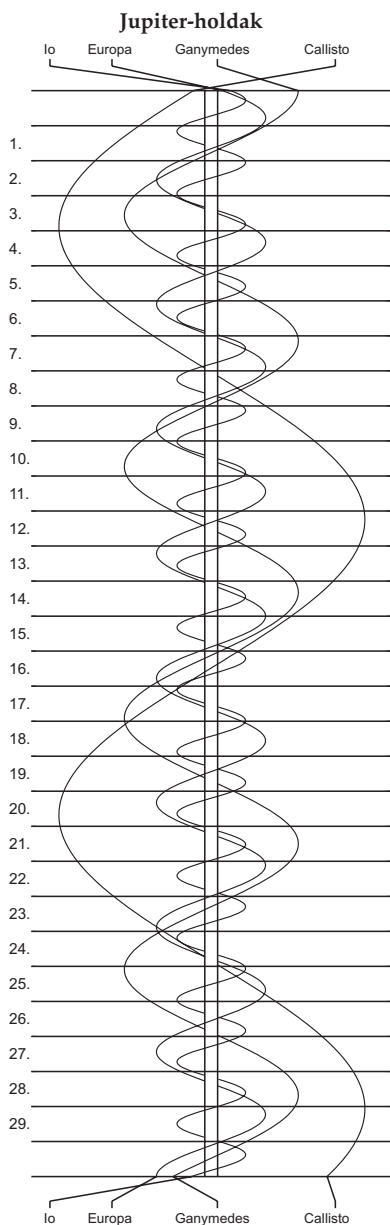
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

m= mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége



CSILLAGÁSZATI SZAKKÖR

A POLARIS CSILLAGVIZSGÁLÓBAN
8 - 12 ÉVESEKNEK

Foglalkozások szerdánként 17.00 - 19.00 óra között,
Szakkörvezető: GÖRGEI ZOLTÁN

Könnyen, hamar elsajátíthatod
a távcsövek használatát

Előadások csillagászatról, űrkutatásról,
aktuális égi eseményekről

Részesen lehetsz a csillagászok
fantasztikus közösségének
(kirándulások, táborok stb.)



További információk: <http://polaris.mcse.hu>
e-mail: polaris@mcse.hu
Cím: 1037 Budapest, III. kerület, Laborc u. 2/c



$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – március**

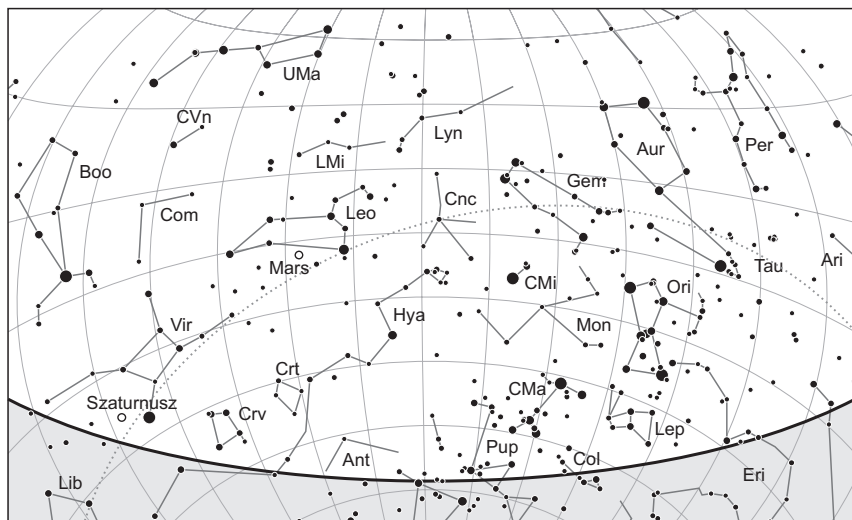
KÖZEI

Dátum	Nap					Hold				fázis
	kel	delel,	nyugszik	h_d	E_t	kel	delel,	nyugszik		
	h m	h m	h m	°	m	h m	h m	h m		h m
1. cs 61.	6 23	11 56	17 29	35,2	-12,4	10 15	18 16	1 26	☉	2 21
2. p 62.	6 21	11 56	17 31	35,6	-12,2	11 07	19 06	2 17		
3. sz 63.	6 20	11 55	17 32	36,0	-11,9	12 06	19 58	3 02		
4. v 64.	6 18	11 55	17 34	36,3	-11,7	13 12	20 49	3 42		
10. hét										
5. h 65.	6 16	11 55	17 35	36,7	-11,5	14 22	21 41	4 16		
6. k 66.	6 14	11 55	17 37	37,1	-11,3	15 36	22 32	4 46		
7. sz 67.	6 12	11 55	17 38	37,5	-11,0	16 52	23 23	5 14		
8. cs 68.	6 10	11 54	17 40	37,9	-10,8	18 10	–	5 41	○	10 39
9. p 69.	6 08	11 54	17 41	38,3	-10,5	19 29	0 15	6 08		
10. sz 70.	6 06	11 54	17 43	38,7	-10,3	20 49	1 09	6 37		
11. v 71.	6 04	11 54	17 44	39,1	-10,0	22 08	2 04	7 09		
11. hét										
12. h 72.	6 02	11 53	17 46	39,5	-9,8	23 24	3 01	7 47		
13. k 73.	6 00	11 53	17 47	39,8	-9,5	–	4 00	8 31		
14. sz 74.	5 58	11 53	17 48	40,2	-9,2	0 33	4 59	9 24		
15. cs 75.	5 56	11 52	17 50	40,6	-8,9	1 32	5 57	10 25	☉	2 25
16. p 76.	5 54	11 52	17 51	41,0	-8,6	2 21	6 54	11 31		
17. sz 77.	5 52	11 52	17 53	41,4	-8,4	3 01	7 47	12 39		
18. v 78.	5 50	11 52	17 54	41,8	-8,1	3 34	8 37	13 48		
12. hét										
19. h 79.	5 48	11 51	17 56	42,2	-7,8	4 02	9 24	14 56		
20. k 80.	5 46	11 51	17 57	42,6	-7,5	4 27	10 10	16 02		
21. sz 81.	5 44	11 51	17 58	43,0	-7,2	4 49	10 53	17 08		
22. cs 82.	5 42	11 50	18 00	43,4	-6,9	5 11	11 36	18 12	●	15 37
23. p 83.	5 40	11 50	18 01	43,8	-6,6	5 34	12 19	19 15		
24. sz 84.	5 38	11 50	18 03	44,2	-6,3	5 58	13 02	20 18		
25. v 85.	5 36	11 49	18 04	44,6	-6,0	6 24	13 47	21 20		
13. hét										
26. h 86.	5 34	11 49	18 06	45,0	-5,7	6 54	14 33	22 20		
27. k 87.	5 32	11 49	18 07	45,4	-5,4	7 29	15 20	23 16		
28. sz 88.	5 30	11 49	18 08	45,8	-5,1	8 11	16 09	–		
29. cs 89.	5 28	11 48	18 10	46,1	-4,8	8 59	16 58	0 08		
30. p 90.	5 26	11 48	18 11	46,5	-4,5	9 54	17 48	0 55	☉	20 41
31. sz 91.	5 24	11 48	18 13	46,9	-4,2	10 56	18 38	1 36		

A nyári időszámítás kezdete március 25-én 2h KÖZEI-kor. A nyári időszámítás alatt – dőlt betűvel szedve – a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát kell adni.

március

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 455 988	10 36 48	Albin, Dávid
2.	2 455 989	10 40 44	Lujza, Henriett, Henrietta, Henrik, Károly
3.	2 455 990	10 44 41	Kornélia, Frigyes, Irma, Kamilla, Oszkár
4.	2 455 991	10 48 37	Kázmér, Adorján, Adrián, Adriána, Adrienn, Zorán
5.	2 455 992	10 52 34	Adorján, Adrián, Adriána, Adrienn, Olivér, Olívia
6.	2 455 993	10 56 30	Leonóra, Inez, Ágnes, Elvira
7.	2 455 994	11 00 27	Tamás
8.	2 455 995	11 04 24	Zoltán, Apollónia, Beáta, János
9.	2 455 996	11 08 20	Franciska, Fanni, Gergely, György, Katalin, Rebeka
10.	2 455 997	11 12 17	Ildikó, Anasztázia, Ede, Emil, Kamilla, Kolos, Melitta
11.	2 455 998	11 16 13	Szilárd, Aladár, Borsika, Terézia, Tímea
12.	2 455 999	11 20 10	Gergely, Gergő, György
13.	2 456 000	11 24 06	Krisztián, Ajtony, Arabella, Ida, Rozina, Zoltán
14.	2 456 001	11 28 03	Matild
15.	2 456 002	11 31 59	<i>Nemzeti ünnep</i> ; Kristóf, Krisztofer, Lujza, Lukrécia
16.	2 456 003	11 35 56	Henrietta, Ábris, Bálint, Henrik, Valentin
17.	2 456 004	11 39 53	Gertrúd, Patrik, József
18.	2 456 005	11 43 49	Sándor, Ede, Alexa, Alexander, Alexandra, Nárcisz
19.	2 456 006	11 47 46	József, Bánk
20.	2 456 007	11 51 42	Klaudia, Alexa, Alexandra, Irma
21.	2 456 008	11 55 39	Benedek, Bence, Gergely, Gergő, Miklós, Nikolett
22.	2 456 009	11 59 35	Beáta, Izolda, Csilla, Katalin, Lea, Lia
23.	2 456 010	12 03 32	Emőke, Ottó
24.	2 456 011	12 07 28	Gábor, Karina, Ella, Gabriella, Katalin
25.	2 456 012	12 11 25	Irén, Írisz, Irina, Kristóf, Lúcia, Mária
26.	2 456 013	12 15 22	Emánuel, Dusán, Leonóra
27.	2 456 014	12 19 18	Hajnalka, Augusztá, Augusztina, János, Lília
28.	2 456 015	12 23 15	Gedeon, Johanna, Hanna, János, Maja
29.	2 456 016	12 27 11	Augusztá, Augusztina
30.	2 456 017	12 31 08	Zalán
31.	2 456 018	12 35 04	Árpád, Ákos, Benjámin, Johanna, Kornélia



A déli égbolt március 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Bolygók

Merkúr: A hónap elején jól megfigyelhető az esti nyugati ég alján. Idei legjobb esti láthatósága során másfél órával nyugszik a Nap után. 5-én kerül legnagyobb keleti kitérésbe, $18,2^\circ$ -ra a Naptól. A hónap közepén azonban láthatósága gyorsan romlik, 21-én már alsó együttállásban van a Nappal. A hónap utolsó napján újra kereshető napkelte előtt a keleti látóhatár közelében. Láthatósága azonban kedvezőtlen, mert csak fél órával kel a Nap előtt.

Vénusz: Feltűnően látszik az esti délnyugati égbolton. A hónap elején négy, a végén négy és negyed órával nyugszik a Nap után. 27-én kerül legnagyobb keleti kitérésbe, 46° távolságra a Naptól. Fényessége $-4,2^m$ -ről $-4,4^m$ -ra, átmérője $18,5''$ -ről $24,7''$ -re nő, fázisa 0,63-ról 0,49-ra csökken.

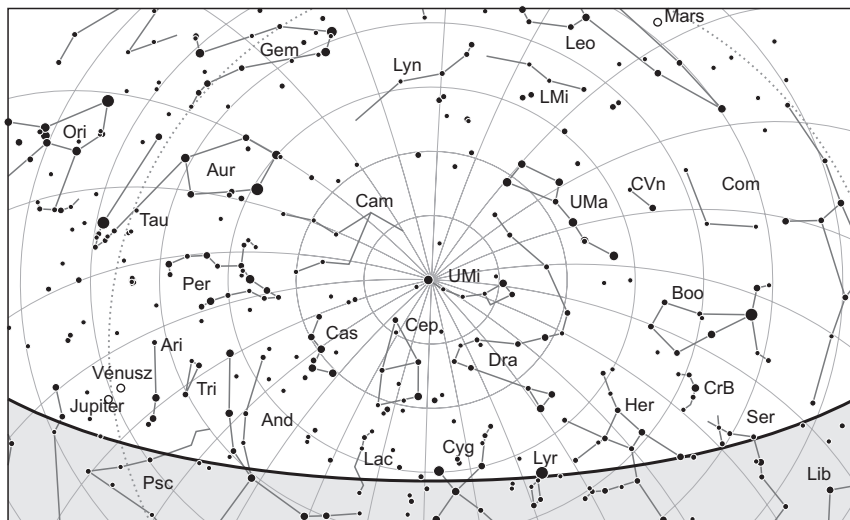
Mars: Hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. 3-án kerül szembenállásba a Nappal, a hónap folyamán egész éjszaka megfigyelhető. Fényessége a hó eleji $-1,2^m$ -ről $-0,7^m$ -ra, átmérője $13,9''$ -ről $12,6''$ -re csökken.

Jupiter: Előretartó mozgást végez a Kos csillagképben. Az esti égen látható a nyugati ég alján, késő este nyugszik. Fényessége $-2,1^m$, átmérője $35''$.

Szaturnusz: Folytatja hátráló mozgását a Szűz csillagképben. Este kel, majdnem egész éjszaka látható a déli égen. Fényessége $0,3^m$, átmérője $19''$.

Uránusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 24-én együttállásban van a Nappal.

Neptunusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.



Az északi égbolt március 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Eseménynaptár (UT)

Dátum Időpont Esemény

- | | | |
|--------|-------|---|
| 03.01. | 1:22 | Első negyed (a Hold a Taurus csillagképben) |
| 03.01. | 17:09 | A Hold eléri legnagyobb deklinációját $21,8^\circ$ -nál (56,3%-os, növekvő holdfázis) |
| 03.01. | 17:36 | Az esti szürkületben a Vénusz bolygótól a HIP 7277 ($8,0^m$) $2'34''$ -re délre |
| 03.02. | 0:31 | A (97) Klotho kisbolygó ($11,7^m$) az NGC 4536 galaxistól ($10,6^m$) $18,1'$ -re északkeletre |
| 03.02. | 18:46 | A (41) Daphne kisbolygó ($11,7^m$) elfedi a UCAC2 33550772-t ($12,0^m$) |
| 03.02. | 18:49 | A Mars bolygótól a HIP 54356 ($7,4^m$) $1'03''$ -re északra |
| 03.03. | 20:48 | A Mars bolygó oppozícióban ($-1,2^m$, $13,9''$ átmérő, Leo csillagkép) |
| 03.04. | 3:54 | A Mars bolygó eléri legnagyobb látszó fényességét, $-1,2$ magnitúdót (a bolygó látszó átmérője $13,9''$, Leo csillagkép) |
| 03.04. | 4:12 | A reggeli szürkületben a (97) Klotho kisbolygó ($11,7^m$) az NGC 4527 galaxistól ($10,5^m$) $5,9'$ -re északnyugatra |
| 03.04. | 15:34 | A Merkúr bolygó dichotómiája (50,0% fázis, $18,2^\circ$ -os keleti elongáció, $7,1''$ látszó átmérő) |
| 03.04. | 15:38 | A Hold nyugati librációja ($l = -6,92^\circ$, $b = 4,77^\circ$) |
| 03.04. | 17:40 | A Merkúr bolygótól $2,4^\circ$ -kal délkeletre az Uránusz bolygó |
| 03.04. | 19:15 | A (93) Minerva kisbolygó ($11,7^m$) az η Vir-től $6'39''$ -re északra |
| 03.04. | 20:40 | A Hold súrolva elfedi a ZC 1198-at az északi pereme mentén ($6,0^m$, 84,6%-os, növekvő holdfázis) |

Dátum Időpont Esemény

03.05.	9:35	Merkúr bolygó legnagyobb keleti elongációja (18,2°-os elongáció, -0,3 ^m látszó fényesség, 7,3'' átmérő, 47% fázis, Pisces csillagkép)
03.05.	23:19	A 92,2%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől a 60 Cnc (5,4 ^m) 10''-re délnyugatra
03.05.	23:20	A Hold maximális librációja ($l = -6,51^\circ$, $b = 5,92^\circ$)
03.05.	23:57	A Hold mögé belép az α Cancri (Acubens, 4,3 ^m , 92,3%-os, növekvő holdfázis), kilépés 2012,03,06, 00:37 UT-kor
03.07.	18:28	A Hold északi librációja ($b = 6,56^\circ$, $l = -4,70^\circ$)
03.08.	9:40	Telehold (a Hold a Leo csillagképben)
03.08.	19:07	A (30) Urania kisbolygó (12,0 ^m) a 37 Tau-tól 39''-re északra
03.09.	17:47	Az esti szürkületben a (347) Pariana kisbolygó (11,8 ^m) az NGC 3504 galaxistól (11,0 ^m) 11,5'-re északra
03.10.	10:09	A Hold földközélen (földtávolság: 362 381 km, látszó átmérő: 32'59'', 94,1%-os, csökkenő holdfázis)
03.11.	4:34	A hajnali szürkületben a 89,1%-os, csökkenő fázisú Holdtól 6,8°-kal északra a Szaturnusz
03.11.	20:30	Az (5) Astraea kisbolygó oppozícióban (9,2 ^m , Virgo csillagkép)
03.12.	12:14	A Hold minimális librációja ($l = 2,71^\circ$, $b = 2,22^\circ$)
03.13.	17:18	A Vénusz bolygótól 3,0°-kal délkeletre a Jupiter
03.13.	17:53	Az esti szürkületben a (27) Euterpe kisbolygó (11,4 ^m) az o Ari-tól 4'20''-re keletre
03.14.	5:16	Hold eléri legkisebb deklinációját -22,9°-nál (59,4%-os, csökkenő holdfázis)
03.15.	1:25	Utolsó negyed (a Hold az Ophiuchus csillagképben)
03.16.	17:58	Az esti szürkületben a (416) Vaticana kisbolygó (12,0 ^m) az NGC 3414 galaxistól (11,0 ^m) 4,3'-re nyugatra
03.16.	23:10	A C/2009 P1 (Garradd) üstökös 1,5'-re délre a 2 Dra-tól
03.17.	3:16	A C/2009 P1 (Garradd) üstökös 15'-re délkeletre a λ Dra-tól
03.17.	10:25	A Hold keleti librációja ($l = 5,73^\circ$, $b = -4,94^\circ$)
03.19.	14:00	A Hold maximális librációja ($l = 5,28^\circ$, $b = -6,40^\circ$)
03.20.	5:14	Tavaszi napéjegylenőség
03.20.	7:31	A (8) Flora kisbolygó oppozícióban (9,5 ^m , Virgo csillagkép)
03.20.	15:07	A Hold déli librációja ($b = -6,58^\circ$, $l = 4,75^\circ$)
03.21.	4:14	34 óra 23 perces holdsarló 3,4° magasan a hajnali égen
03.21.	18:05	Az esti szürkületben a (97) Klotho kisbolygó (11,5 ^m) az NGC 4281 galaxistól (11,3 ^m) 5,3'-re északkeletre
03.21.	18:28	Az (5) Astraea kisbolygó (9,3 ^m) az NGC 3705 galaxistól (11,1 ^m) 6,2'-re délnyugatra
03.21.	22:19	A Merkúr bolygó alsó együttállásban a Nappal (a Naptól 3,3°-ra)
03.22.	14:37	Újhold (a Hold a Pisces csillagképben)
03.22.	20:58	A C/2009 P1 (Garradd) üstökös 8'-re délkeletre a 35 UMa-tól
03.23.	3:34	A reggeli szürkületben a (97) Klotho kisbolygó (11,5 ^m) az NGC 4261 galaxistól (10,4 ^m) 9,2'-re délre
03.23.	17:32	26 óra 55 perces holdsarló 6,2° magasan az esti égen (Vénusz és Jupiter bolygótól 34,1°-ra, illetve 26,7°-ra nyugatra)

Dátum Időpont Esemény

03.23.	18:09	Kedvező időpont a Messier-maratonra
03.24.	18:10	Kedvező időpont a Messier-maratonra
03.24.	18:20	Uránusz bolygó együttállásban a Nappal (a Naptól 0,7°-ra)
03.25.	17:35	Az esti szürkületben a 8,7%-os, növekvő fázisú Holdtól 4,0°-kal délkeletre a Jupiter (tőlük 12°-kal keletre a Vénusz)
03.26.	6:13	A Hold földtávolban (földtávolság: 405 802 km, látszó átmérő: 29'27", 11,7%-os, növekvő holdfázis)
03.26.	14:48	A Hold minimális librációja ($l = -1,76^\circ$, $b = -1,93^\circ$)
03.26.	18:13	Az esti szürkületben a Vénusz bolygó a ζ Ari-tól (4,9 ^m) 22'46"-re északkeletre
03.26.	18:13	Az esti szürkületben a Hold, Vénusz és Jupiter bolygók, valamint a Fiastyúk látványos együttállása
03.26.	20:04	A 15,4%-os, növekvő fázisú Holdtól 2,4°-kal északra a Vénusz
03.27.	7:44	Vénusz bolygó legnagyobb keleti elongációja (46,0°-os elongáció, -4,4 ^m látszó fényesség, 23,5" átmérő, 51% fázis, Aries csillagkép)
03.28.	16:04	A Hold eléri legnagyobb deklinációját 21,4°-nál (29,7%-os, növekvő holdfázis)
03.29.	8:19	Vénusz bolygó dichotómiája (50,0% fázis, 46,0°-os keleti elongáció, 24,1" látszó átmérő)
03.29.	11:35	A nappali égen a Hold mögé belép a ζ Tauri (3,0 ^m , 37,1%-os, növekvő holdfázis), kilépés 12:41 UT-kor
03.29.	18:45	A Hold mögé belép a ZC 881 (6,3 ^m fényességű kettőscsillag, 39,9%-os, növekvő holdfázis)
03.30.	18:19	Az esti szürkületben a C/2009 P1 (Garradd) üstökös az NGC 2950 galaxistól (10,9 ^m) 25'-re északnyugatra
03.30.	19:41	Első negyed (a Hold a Gemini csillagképben)

Március 3.: Mars-oppozíció

A 2012. évi Mars-közelség (március 3.) sajnos továbbra is a kedvezőtlen szembenállások közé sorolható: a 2010-es után a bolygó látszó átmérője a Földről nézve újra kicsi marad, mintegy 13,9". Ez még az előző, 2010-es oppozíció során elért korongméreténél is kisebb 0,21 ívmásodperccel. A Mars legnagyobb delelési magassága is csökken 12 fokkal, vagyis az ideai szembenállás idején csak 52 fok körül alakul. Ez nem jelenti azt, hogy nem érhetünk el jó eredményeket, csupán azt, hogy még gondosabb munkára, minél több és jobb nyugodtságu éjszakára, továbbá megfelelő műszerek esetén nagy gyakorlatra lesz szükség ahhoz, hogy a kis korongátmérő ellenére is kellően részletűs felvételeket és rajzokat kapjunk.

Ez is aphéliumi Mars-közelség, ami azt jelenti, hogy a Mars északi félgömbjére lesz jobb rálátás, így annak narancsvöröses alföldjei uralják majd a korong látványát. A korong mérete hosszú stagnálás, illetve igen lassú növekedés után 2011. november 3-tól éri el a 6"-et, majd innentől kezdve gyors hízásnak indulva 2012. január 13-án lépi át a 10"-es méretet. A legnagyobb közelségét, ezzel együtt legnagyobb látszó méretét és fényességét az oppozíció után néhány nappal, március 5-én éri el. Ezután lassú fogyás-

82P/Gehrels 2. Az Aries, majd a Taurus csillagképben folytatja útját északkelet felé, miközben láthatósága folyamatosan romlik, fényessége pedig lassan csökken. Maga a fényesség azonban bizonytalan, lehet 11 magnitúdó, de lehet 13 is, ezért minden távcsöves észlelő figyelmébe ajánljuk ezt a most formálódó üstököst, amely 3-án este 15 ívpercre délre halad el az 5,7 magnitúdós 31 Arietistől, majd 7-én este 20 ívperccel északra látható az 5,2 magnitúdós 38 Arietistől.

C/2006 S3 (LONEOS). Minden idők legnagyobb naptávolságban felfedezett üstököse volt, amikor 2006. szeptember 19-én a Lowell Observatory Near-Earth Object Survey automata keresőszoftvere azonosította. A 19,0 magnitúdós égitest ekkor 14,3 CSE távolságban járt a Naptól, valahol a Szaturnusz és az Uránusz pályája között, mintegy öt és fél évvel napközelsége előtt. Bár napközelpontja is messze, a Jupiter távolságába esik, nagy abszolút fényessége miatt fényessége elérheti a 12-13 magnitúdót, ami a nagyobb amatőrtávcsövek számára már kellemes fényességtartomány. A hajnali égen, a Serpens Cauda csillagképben feltűnő vándor látszólag nagyon lassan mozog nyugat felé, egy hónap alatt alig három fokot tesz meg egynön. Mivel a Tejút síkjához közel mutatkozik, rengeteg halvány csillag között kell azonosítani, így észleléséhez minél pontosabb és jobb határfényességű térképet használjunk.

C/2006 S3 (LONEOS)

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	Δ (CSE)	r (CSE)	E (°)	m _v (m)
03.01.	18 13 33	-14 02 29	5,438	5,143	68	12,8
03.06.	18 12 38	-13 59 17	5,346	5,141	73	12,8
03.11.	18 11 22	-13 55 49	5,252	5,138	78	12,7
03.16.	18 09 43	-13 52 06	5,156	5,137	83	12,7
03.21.	18 07 40	-13 48 11	5,059	5,135	89	12,6
03.26.	18 05 11	-13 44 05	4,963	5,134	94	12,6
03.31.	18 02 14	-13 39 50	4,867	5,133	100	12,5
04.05.	17 58 49	-13 35 25	4,773	5,132	106	12,5
04.10.	17 54 55	-13 30 53	4,682	5,131	111	12,5
04.15.	17 50 32	-13 26 12	4,595	5,131	117	12,4
04.20.	17 45 38	-13 21 22	4,513	5,131	123	12,4
04.25.	17 40 15	-13 16 24	4,436	5,131	129	12,3
04.30.	17 34 22	-13 11 18	4,367	5,132	135	12,3
05.05.	17 28 03	-13 06 02	4,305	5,133	142	12,3
05.10.	17 21 20	-13 00 37	4,252	5,134	148	12,2
05.15.	17 14 15	-12 55 03	4,209	5,136	154	12,2
05.20.	17 06 52	-12 49 23	4,176	5,137	160	12,2
05.25.	16 59 15	-12 43 40	4,153	5,139	165	12,2
05.30.	16 51 31	-12 37 56	4,142	5,142	169	12,2
06.04.	16 43 43	-12 32 18	4,142	5,144	170	12,2
06.09.	16 35 57	-12 26 51	4,154	5,147	167	12,2
06.14.	16 28 19	-12 21 42	4,176	5,150	162	12,2
06.19.	16 20 53	-12 17 00	4,210	5,154	156	12,2
06.24.	16 13 43	-12 12 51	4,254	5,158	150	12,3
06.29.	16 06 54	-12 09 24	4,307	5,162	144	12,3
07.04.	16 00 29	-12 06 44	4,370	5,166	138	12,3

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	Δ (CSE)	r (CSE)	E (°)	m_v (m)
07.09.	15 54 29	-12 04 57	4,440	5,170	132	12,4
07.14.	15 48 57	-12 04 07	4,518	5,175	126	12,4
07.19.	15 43 53	-12 04 18	4,602	5,180	120	12,5
07.24.	15 39 18	-12 05 31	4,691	5,186	114	12,5
07.29.	15 35 12	-12 07 46	4,784	5,191	108	12,6

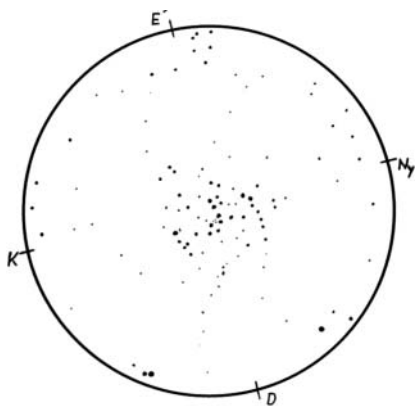
Fedezzük fel a Messier-objektumokat!

Az üstökösök és a mélyég-objektumok (gáz- és porködök, galaxisok, csillaghal-mazok) felfedezése szorosan összefügg. Charles Messier a XVIII. századi Franciaországban új kométák keresése közben azt vette észre, hogy közelükben néha ködös, halvány, a teleszkopikus üstökösökhöz hasonló égitestek mutatkoznak. Mivel azonban elmozdulást nem mutattak, kizárta, hogy a Nap körül keringő égitestekről legyen szó. Az űr mélységeiben kellett lenniük (innen ered a mélyég, vagy mélyég-objektum kifejezés), s néhányukat sikerült is felbontania csillagokra. Legtöbbjük azonban ködös maradt, s igazi mivoltuk felderítésére több mint egy évszázadot kellett várni. Messier, hogy másokat ne térfálhasanak meg a ködös, üstökösszerű foltok, azokat katalógusba gyűjtötte össze, módszeresen ellenőrizve az elődei által ködösként leírt égitesteket is. Sokat ő maga, vagy

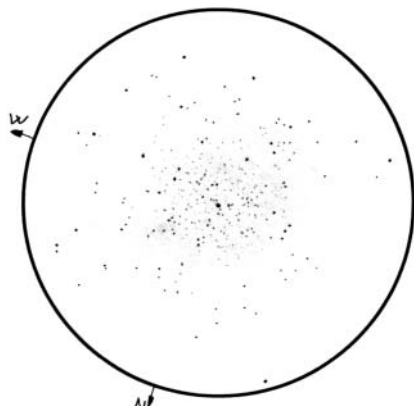
munkatársa, Pierre Méchain fedezett fel. Katalógusa végső formájában 103 égitestet tartalmazott, melyet az utókor hét további objektummal egészített ki, amelyeket bizonyítottan megfigyelt a francia csillagász, így a végső változat ma 110 bejegyzést tartalmaz.

A veterán üstökös vadász, Donald (Don) Machholz úgy ismeri az égboltot, mint a saját tenyerét. Bárhová is néz kis nagyítású üstökös kereső műszere, mindig pontosan tudja, mit is lát a távcsőben. A mélyég-objektumokat 10 magnitúdós határfényességig fejből ismeri. Köszönhető mindez annak a rengeteg tapasztalatnak, amelyre az 1970-es évek óta az ég alatt eltöltött idő során tett szert. Egy hosszú tavaszi éjszakán jutott eszébe, hogy az összes Messier-objektumot felkeresse pirkadat előtt. Az ötlet nem tőle származott, de ő volt képes először teljesíteni a végcél, megpillantani az összes Messier-objektumot egyetlen éjszaka. Képesek vagyunk-e mi is utána csinálni?

A válasz határozott igen. Bár Magyarország területéről a 110 Messier-objektum közül elméletileg legfeljebb 109-et láthatunk egy éjszaka, már a 100-as darabszám elérése is mesteri teljesítmény. A Messier-maraton verseny: verseny, melyet az égbolttal vívunk, latba



Az M48, az egyik legszebb téli-tavaszi nyílt csillaghalmaz, Cseh Viktor rajzán, melyet 8 cm-es refraktorról, 35×-ös nagyítás mellett készített. A látómező 1,5 fok átmérőjű.



A megunthatatlan téli Messier-objektumok még remekül láthatóak a maratonok alatt, így az egyik legsűrűbb nyílthalmaz, az M37 is. A rajz Németh László munkája, aki 13 cm-es tükrös távcsövet használt 108× nagyítással a rajz elkészítéséhez. A látómező 32'-es.



Az M56 a Lantban csak egy a Tejút számos gömbhalmazja közül, ezért a legtöbben elsiklanak felette. Aki azonban ismeri, tudja, hogy egy gyönyörű, 15–20 cm-es távcsővel szépen bontható, laza csoportról van szó, mely méltó ellenpontja a Gyűrűs-ködnek. A fényképet Kovács Attila készítette 20 cm-es reflektorral, Canon EOS 300D kamerával, 182 perc expozíciós idővel ISO 800 érzékenység mellett.

vetve összes égismeretünket és észlelői tapasztalatunkat. Verseny, amely komolyan próbára teszi állóképességünket. Maraton, ahol az égi 42 km mérföldköveit csodálatos mélyég-objektumok jelzik.

Ha egy térképen megvizsgáljuk a Messier-objektumok égi elhelyezkedését, azt vesszük észre, hogy a Capricornus (Bak) és a Pisces (Halak) csillagképek közötti tartományban egyetlen déli fekvésű objektum sincs. Rengeteg célpont található viszont a Sagittarius (Nyilas), és a Virgo (Szűz) csillagképek környékén. Így tehát e két égterületnek láthatónak kell lennie az éjszaka során, sőt, a Nyilasnak delelnie kell, hogy déli fekvésű objektumai kellően magasra emelkedjenek. A legalkalmasabb azon időszak, amikor a Nap épp a jelzett „üres” területen, a Vízöntő csillagképben tartózkodik. Ez az időtartam március közepétől április közepéig tart, a Szűz az éjszakai égbolton ragyog, tele galaxisokkal, hajnalban viszont pirkadat előtt delel a Nyilas is.

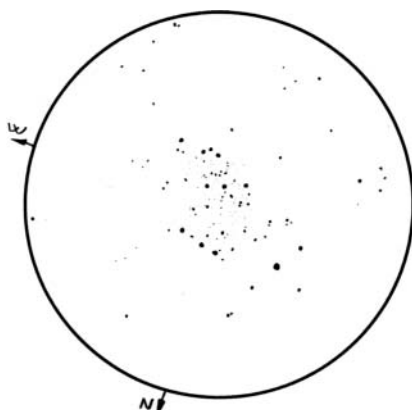
A Messier-maraton másik, igen fontos feltétele a sötét égbolt. Ezért sikerre csakis újhold környékén lehet esélyünk, lehetőleg városoktól minél távolabb, alkalmasint egy dombtetőn. Hegyvidéki helyszín csak akkor alkalmas, ha a harmadik igen fontos kritériumnak eleget tesz. Teljes körpanorámájú észlelőhelyet kell választanunk, ugyanis sok Messier-objektumot alacsony helyzetben kell „levadásznunk”.

A siker elengedhetetlen feltétele, hogy ismerjük az égboltot, a csillagképeket. Legyünk tisztában műszerünk teljesítőképességével és az adott nagyítások mellett elérhető látómezők méretével. Készítsünk egy listát az objektumokról, megfigyelési sorrendben feltüntetve őket. Ehhez az Interneten találunk segítséget (<http://members.shaw.ca/rlmcnish/darksky/messierplanner.htm>). Március elején a nyári Tejút láthatósága még nem jó, de kellő kitartással, kedvező átlátszóság mellett esélyünk van a Sagittarius sok objektumára, ám ekkor még kima-

rad a déli fekvésű M69, M70, M55, M75. Egy hónappal később az esti szürkületben esélytelen az M77, 74, 79, ellenben hajnalban kellően látható mind a Tejút (benne az ekkor már kényelmesen elérhető déli Sagittarius-objektumokkal), mind az ahhoz közeli M2, M72, M73 is. 2011-ben nagy szerencsénk lesz a holdfázissal, mivel a maratona legmegfelelőbb március-áprilisi hónapforduló környékére esik az újhold. Az észleléshez használt műszerünk szinte bármilyen lehet, de előnyösebbek a kisebb átmérőjű, rövid fókuszú, nagy látómezejű távcsövek. Egy binokulár (10×50-es vagy annál nagyobb) azonban elengedhetetlen kellék.

Bár a maratona egyfajta verseny, sietni csak este és hajnalban kell, néhány objektumnál. Az éjszaka legnagyobb részében nagyon sok időnk lesz arra, hogy célpontjainkat alaposan szemrevételezzünk, esetleg egyet-kettőt rajzban vagy fotón megörökítsünk. Sőt, más egyéb égitesteket is felkereshetünk, több távcsővel is. Ha csak futó pillantásokat vetnénk az élénk tárló mélyég-csodákra, varázsuk eltűnne. Nézzük úgy őket, mintha most találkoznánk velük először!

Végül, de nem utolsósorban, az ilyen események nagyszerű alkalmat jelentenek kisebb-nagyobb társaságok összehozására, közös észlelésre, bemutatások szervezésére. Hiszen az égbolt 2012-ben is mindenkié!



A Rák csillagképben lévő M67 szinte elhalványul az M44 árnyékában, holott igen szép halmoz. Németh László is ceruzavégre kapta 13 cm-es reflektorral, 108×-os nagyítással. A látómező 32'-es.

A La Caille-kráter

A La Caille-kráter, bár meglehetősen nagy méretű, mégsem különösebben feltűnő alakzat a Hold déli krátermezijén. Ennek oka elsősorban a környékén található számtalan nagyobb és feltűnőbb kráter. Szelenografikus koordinátái: déli szélesség 23,8°, keleti hosszúság 1,1°, vagyis a Hold meridiánjához való közelségének köszönhetően megfigyelhetősége az első negyed környékén a legkedvezőbb. A La Caille-krátert az Arzachel-krátertől kissé délkeletre, közvetlenül a 118 kilométeres Purbach északkeleti falánál találhatjuk. Délről a rendkívül romos és szabálytalan,



58×68 kilométeres Blanchinus-kráter, északkeletről pedig a szokatlan megjelenésű De launay-kráter szegélyezi. A La Caille-kráter átmérője 68 kilométer, mélysége 2800 méter. Alja bazaltos lávával feltöltött, teljesen sima, központi csúcsot nem találunk. Néhány apró krátert fedezhetünk fel a kráterfenéken az északi sánchoz közel, ha legalább 15–20 centiméteres távcsővel észlelünk, és a légkör megfelelően nyugodt. Már kisebb műszerekben is feltűnő, hogy a La Caille sáncfala erősen lepusztult, kisebb-nagyobb kráterek telepedtek rá. Ezek közül három különösen feltűnő. Északon az A, keleten a D, és délnyugaton az F jelű, igaz, ez utóbbi inkább a Purbachhoz tartozik. Magasabb napállásnál, amikor a La Caille azonosítása nehezebb, láthatóvá válik egy, a kráter aljának a közepén áthaladó sugársáv, amely a Tycho-kráterből indul ki.

A Hold csillagfedései

Dátum		UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció		
hó	nap	h	m	s		ZC/SAO	név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
3	1	21	26	41	be	791		7,3	58 + 35		44 É	40	+1,6	+0,8
3	2	18	58	19	be	77983		7,1	66 + 62		6 D	174	+0,2	-8,6
3	2	19	17	51	be	78006		7,3	67 + 60		20 É	20	+9,9	+9,9
3	2	20	54	27	be	935		6,8	67 + 48		86 D	94	+1,2	-1,3
3	3	18	21	5	be	96382		7,8	76 + 61		53 D	131	+1,6	-1,4
3	3	19	42	0	be	1076		7,5	76 + 61		87 D	97	+1,7	-0,6
3	3	21	40	5	be	96493		7,6	76 + 47		64 É	69	+1,7	-0,4
3	3	23	29	18	be	96575		7,7	77 + 30		65 É	69	+0,9	-1,0
3	4	22	44	56	be	97500		7,8	85 + 43		82 É	89	+1,2	-1,2
3	5	18	10	12	be	1320	FX Cnc	6,7	91 + 43		30 D	159	+1,0	-2,0
3	5	23	56	48	be	1341	α Cnc	4,3	92 + 37		55 É	63	+1,6	-0,5
3	6	0	36	40	ki	1341	α Cnc	4,3	92 + 30		-20 É	348	-0,1	-2,9
3	16	1	51	48	ki	2704		5,9	38 - 3		87 D	264	+0,8	+1,5
3	17	3	6	27	ki	2863	V4333 Sgr	6,1	28 - 8		89 D	261	+1,0	+1,5
3	17	3	19	25	ki	X 46470		8,0	28 - 10		80 É	272	+1,0	+1,3
3	19	3	47	11	ki	164332		7,8	11 - 6		60 D	227	+0,6	+2,1
3	25	19	22	25	be	363		7,2	9 + 8		58 É	37	+0,3	+0,2
3	26	17	56	54	be	467		6,5	14 + 31		87 É	71	+0,8	-0,9
3	26	20	52	37	be	480	XX Ari	7,4	15 + 3		88 É	72	-0,2	-0,9
3	27	19	6	11	be	76451		8,3	22 + 29		89 É	78	+0,6	-1,2
3	28	18	36	27	be	76850		7,4	30 + 42		43 É	37	+1,9	+1,3
3	28	22	27	30	be	755		6,2	32 + 5		74 É	69	-0,2	-0,9
3	29	11	35	27	be	847	ζ Tau	3,0	38 + 32		67 D	111	+0,9	+0,8
3	29	12	40	52	ki	847	ζ Tau	3,0	38 + 43		-63 D	242	+0,8	+2,3
3	29	18	8	18	be	879		7,4	39 + 53		33 D	146	+0,8	-3,5
3	29	18	9	52	be	77574		8,3	39 + 53		68 D	111	+1,3	-1,8
3	29	18	45	14	be	X 32224		7,6	40 + 48		17 D	162	+0,0	-4,9
3	29	18	45	14	be	881		6,3	40 + 48		17 D	162	+0,0	-4,9
3	29	18	48	56	be	77596		7,3	40 + 48		84 É	83	+1,4	-1,0

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
3 29	20	59	53	be	77667	7,7	40 +	26	54 D	126	+0,1	-2,2
3 30	18	34	4	be	78639	8,2	49 +	56	52 É	56	+2,2	+0,9
3 30	20	36	36	be	1034	8,1	50 +	37	80 D	105	+0,7	-1,7
3 31	19	16	26	be	97054	7,9	60 +	54	84 É	92	+1,6	-0,9
3 31	20	51	10	be	97083 BN Gem	6,9	60 +	41	20 D	169	-0,2	-3,8

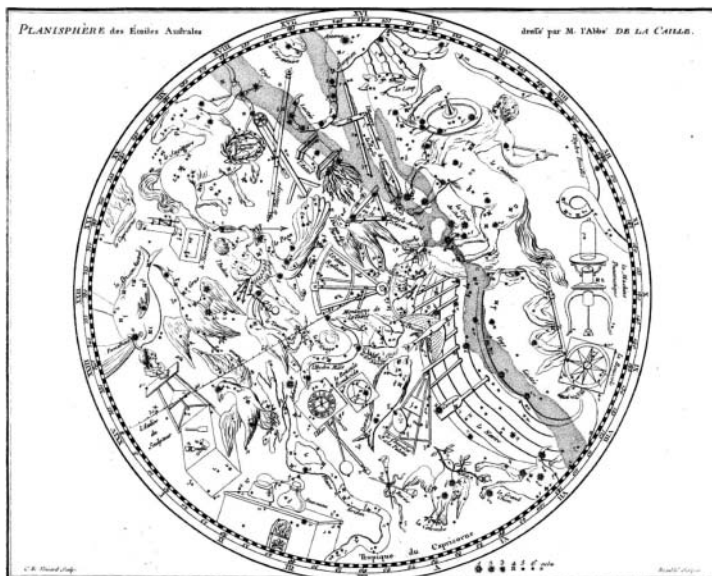
Évforduló

250 éve hunyt el Nicolas Louis de Lacaille

Nicolas Louis de Lacaille (La Caille) (1713. május 15. – 1762. március 21.), francia csillagász az ardenneki Rumigny-ben született. Teológiai tanulmányait a párizsi Lisieux Főiskolán végezte, később azonban érdeklődése a tudományok felé fordult, és Jacques Cassini patronáltjaként állást is kapott. Első munkája a Nantes és Bayonne közötti tengerpart felmérése, majd 1739-ben a francia meridiánív mértékének pontosítása volt – amit díjjal is honoráltak. Ezzel a két évig tartó vállalkozással a Cassini által 1718-ban publikált értéket pontosította. Az Akadémia jutalmul matematikaprofesszori állást ajánlott fel neki a Mazarin Főiskolán, ahol ráadásul egy kedvére való kis obszervatóriumban is dolgozhatott.

Különösen jelentős a déli égbolt felmérésére 1750-ben indított expedíciója. E nagy vállalkozás sikerei közé tartozik a déli égbolt csaknem 10 ezer csillagának megfigyelése, és 15 új csillagkép bevezetése (egy kivételével mind használatban van ma is!), 42 ködöt tartalmazó katalógus elkészítése (ebből 26 a saját felfedezése), a déli meridiánív első kimérése, végül a Hold és a Nap parallaxisának meghatározása. Mindehhez egy 2 cm-nél is kisebb nyílású lencsés távcsövet és egy osztott hatod köríves tranzitműszert használt a Jöreménység-fokán. A déli meridiánívet háromszögeléssel kimérve 137 km-nek állapította meg, amiből (a korábbi mérések összehasonlításával) a Föld alakjára tojásdad alakot kapott. Newton gravitációs elméletét is tesztelni kívánta – de mint a kísérleteit és méréseit 1838-ban megismétlő Thomas Maclear, az akkori fokvárosi Királyi Csillagász kimutatta: a közeli hegyek tömegének gravitációs hatását nem vette figyelembe. Lacaille 1754-ben tért vissza Párizsba; ugyanabban az évben a Svéd Királyi Tudományos Akadémia külföldi tagjává választja. Említésre





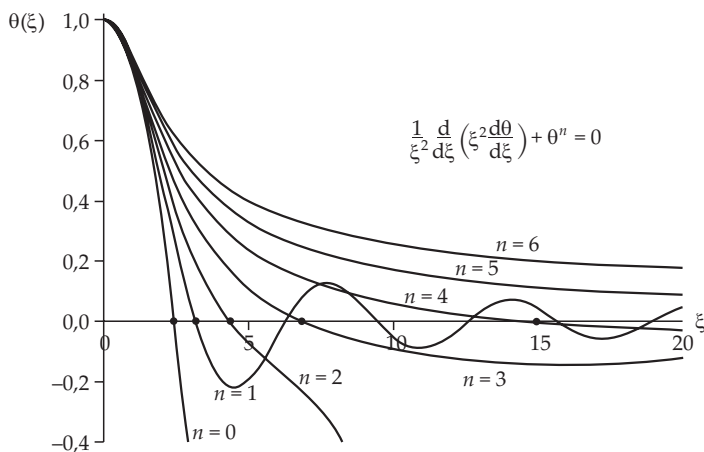
méltó eredménye még a Halley-üstökös precíz mérései az 1759-es visszatérésekor. Korai halálát köszvényroham okozta, amit az is súlyosbított, hogy túldolgozta magát. Kortársa, Joseph de Lalande azt nyilatkozta róla, hogy viszonylag rövid élete során több észlelést és számítást végzett, mint kortársai együttvéve – és munkája minősége még a mennyiségét is felülmúlta.

Emlékezet: nevét egy holdkráter ($23,8^\circ$ D, $1,1^\circ$ K, D = 68 km, mélység: 2,8 km) és egy kisbolygó (9135 Lacaille: 1960. október 17-én, a Palomar Observatóriumban fedezték fel) őrzi az égen.

150 éve született Jacob Robert Emden

Jacob Robert Emden (1862. március 4. – 1940. október 8.) svájci csillagász és meteorológus St. Gallenben született, majd a strassbourgi egyetemen tanult, ott szerzi meg PhD-fokozatát is. 1907-ben a fizika és meteorológia docense lett a Münchener Műszaki Egyetemen. Még ugyanebben az évben publikálja fő művét (eredeti címe: *Gaskugeln: Anwendungen der mechanischen Wärmetheorie auf kosmologische und meteorologische Probleme* – azaz szabad fordításban *Gázgömbök: statisztikus mechanika alkalmazásai kozmológiai és meteorológiai problémákra*). Ebben felállítja a csillagok szerkezetének leírására szolgáló politrop modelleket, amelyek a csillagszerkezeti kutatások alapjává váltak. 1920-ban a Bajor Tudományos Akadémia tagjává választják. Az 1930-ban alapított Zeitschrift für Astrophysik szerkesztője. Említést érdemel, hogy a kiváló német-amerikai asztrofizikus, Martin Schwarzschild nagybátyja volt. Zürichben hunyt el 1940-ben.

Emlékezet: nevét egy holdkráter ($63,3^\circ$ É, $177,3^\circ$ Ny, D = 111 km) és a róla elnevezett Emden-egyenlet (újabbban inkább Lane–Emden-egyenletként hivatkoznak rá) őrzi.



A Lane–Emden-egyenlet megoldásgörbéi az n politrop-index különböző értékeire.

Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
1	18:27,1	Io	ek
	19:34,4	Io	ák
	20:38,4	Io	ev
2	18:54,5	Io	fv
	19:56,5	Europa	mk
4	18:57,5	Europa	áv
8	18:29,2	Ganymedes	ák
	20:18,0	Ganymedes	áv
	20:27,7	Io	ek
9	17:37,8	Io	mk
	20:49,8	Io	fv
10	18: 9,0	Io	áv
11	19:10,3	Europa	ák
	19:38,6	Europa	ev
15	18:29,7	Ganymedes	ek
	20:43,5	Ganymedes	ev
16	19:38,5	Io	mk
17	17:54,8	Io	ák

nap	UT h:m	hold	jelenség
17	19:10,6	Io	ev
	20: 4,8	Io	áv
18	19:56,4	Europa	ek
20	19:15,3	Europa	fv
24	19: 0,7	Io	ek
	19:50,4	Io	ák
25	19: 9,1	Io	fv
26	18: 8,5	Ganymedes	fv
27	17:50,5	Europa	mk

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

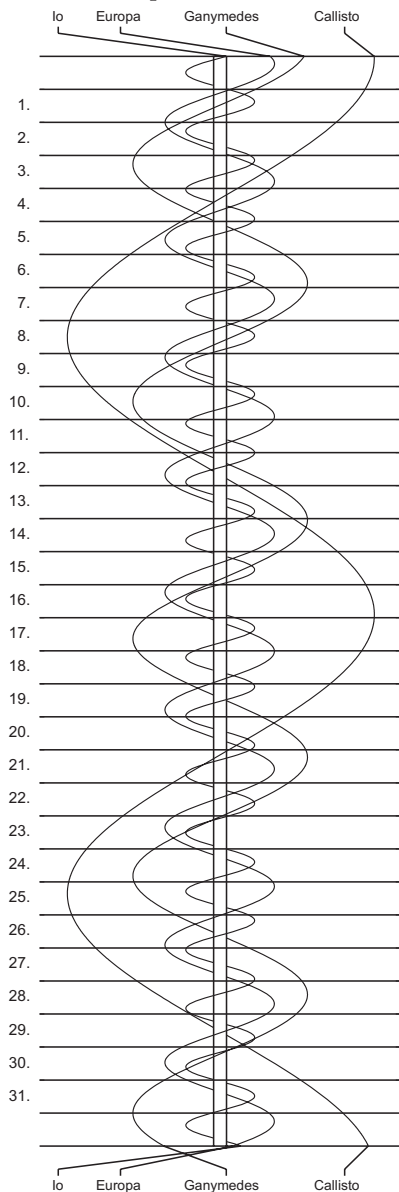
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

m= mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

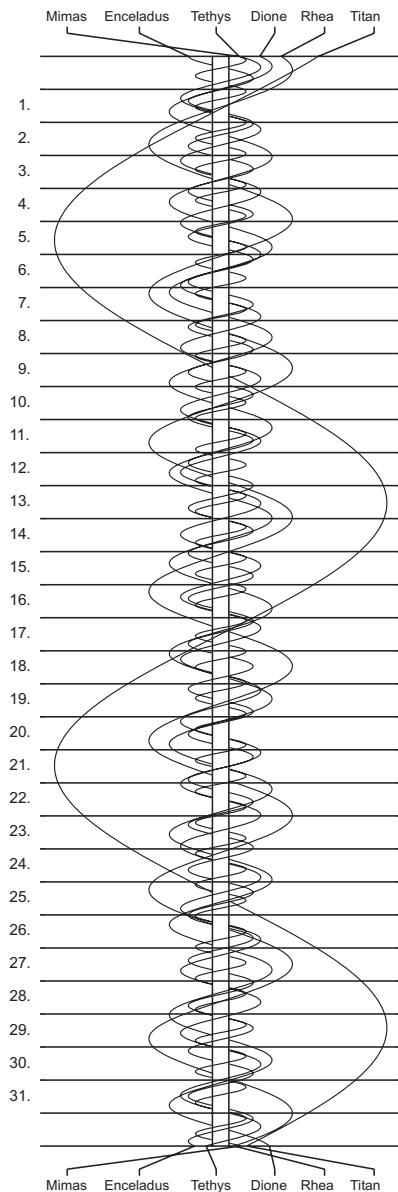
k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége

Jupiter-holdak



Szaturnusz-holdak



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – április**

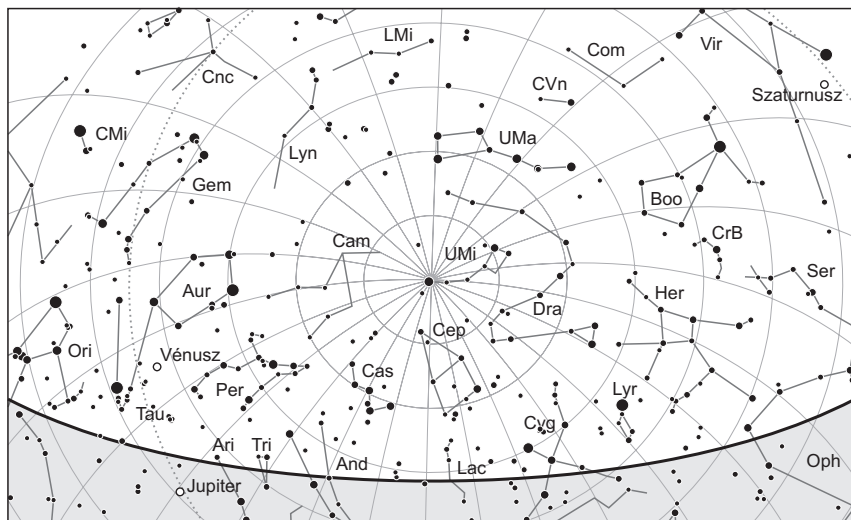
KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			fázis
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	h_d °	E_t m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	
1. v 92. 14. hét	5 22	11 47	18 14	47,3	-3,9	12 02	19 28	2 12	
2. h 93.	5 20	11 47	18 15	47,7	-3,6	13 12	20 18	2 43	
3. k 94.	5 18	11 47	18 17	48,1	-3,3	14 25	21 08	3 12	
4. sz 95.	5 16	11 46	18 18	48,5	-3,0	15 41	22 00	3 39	
5. cs 96.	5 14	11 46	18 20	48,8	-2,7	17 00	22 52	4 05	
6. p 97.	5 12	11 46	18 21	49,2	-2,4	18 20	23 48	4 33	○ 20 19
7. sz 98.	5 10	11 46	18 22	49,6	-2,1	19 42	–	5 05	
8. v 99. 15. hét	5 08	11 45	18 24	50,0	-1,9	21 02	0 46	5 41	
9. h 100.	5 06	11 45	18 25	50,3	-1,6	22 17	1 46	6 24	
10. k 101.	5 04	11 45	18 27	50,7	-1,3	23 22	2 47	7 16	
11. sz 102.	5 02	11 45	18 28	51,1	-1,1	–	3 49	8 16	
12. cs 103.	5 00	11 44	18 30	51,4	-0,8	0 17	4 47	9 22	
13. p 104.	4 58	11 44	18 31	51,8	-0,5	1 01	5 43	10 31	● 11 50
14. sz 105.	4 56	11 44	18 32	52,1	-0,3	1 36	6 35	11 41	
15. v 106. 16. hét	4 54	11 44	18 34	52,5	-0,0	2 06	7 23	12 49	
16. h 107.	4 52	11 43	18 35	52,9	+0,2	2 31	8 08	13 55	
17. k 108.	4 51	11 43	18 37	53,2	+0,4	2 54	8 52	15 00	
18. sz 109.	4 49	11 43	18 38	53,6	+0,6	3 16	9 35	16 04	
19. cs 110.	4 47	11 43	18 39	53,9	+0,9	3 39	10 17	17 07	
20. p 111.	4 45	11 42	18 41	54,2	+1,1	4 02	11 00	18 09	
21. sz 112.	4 43	11 42	18 42	54,6	+1,3	4 27	11 44	19 11	● 8 18
22. v 113. 17. hét	4 41	11 42	18 44	54,9	+1,5	4 56	12 30	20 12	
23. h 114.	4 40	11 42	18 45	55,2	+1,7	5 30	13 17	21 09	
24. k 115.	4 38	11 42	18 46	55,6	+1,9	6 09	14 05	22 03	
25. sz 116.	4 36	11 42	18 48	55,9	+2,0	6 55	14 54	22 51	
26. cs 117.	4 34	11 41	18 49	56,2	+2,2	7 47	15 43	23 33	
27. p 118.	4 33	11 41	18 51	56,5	+2,3	8 46	16 32	–	
28. sz 119.	4 31	11 41	18 52	56,9	+2,5	9 49	17 21	0 10	
29. v 120. 18. hét	4 29	11 41	18 53	57,2	+2,6	10 56	18 09	0 42	● 10 57
30. h 121.	4 28	11 41	18 55	57,5	+2,8	12 05	18 57	1 11	

A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát kell adni.

április

nap	Julían dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 456 019	12 39 01	Hugó, Pál
2.	2 456 020	12 42 57	Áron, Ferenc, Mária, Tünde
3.	2 456 021	12 46 54	Buda, Richárd, Irén, Irina
4.	2 456 022	12 50 51	Izidor
5.	2 456 023	12 54 47	Vince, Irén, Irina, Julianna, Teodóra
6.	2 456 024	12 58 44	Vilmos, Bíborka, Dénes
7.	2 456 025	13 02 40	Herman, Armand, Ármin, Árpád, József, Mária
8.	2 456 026	13 06 37	<i>Húsvét</i> ; Dénes, Júlia, Valter
9.	2 456 027	13 10 33	<i>Húsvét</i> ; Erhard, Dusán, Vince
10.	2 456 028	13 14 30	Zsolt
11.	2 456 029	13 18 26	Leó, Szaniszló, Ariel, Glória, Leona
12.	2 456 030	13 22 23	Gyula, Csaba, Csanád, Szilárd
13.	2 456 031	13 26 20	Ida, Hermina, Martin, Márton
14.	2 456 032	13 30 16	Tibor, Benedek, Gusztáv, Lídia
15.	2 456 033	13 34 13	Anasztázia, Tas
16.	2 456 034	13 38 09	Csongor, Benedek, Bernadett, Enikő, József
17.	2 456 035	13 42 06	Rudolf, Anasztázia, Árnika, Csongor, Klára, Rezső
18.	2 456 036	13 46 02	Andrea, Ilma, Aladár, Hermina
19.	2 456 037	13 49 59	Emma, Malvin
20.	2 456 038	13 53 55	Tivadar, Aladár, Odett, Tihamér
21.	2 456 039	13 57 52	Konrád, Zsombor
22.	2 456 040	14 01 49	Csilla, Noémi
23.	2 456 041	14 05 45	Béla, Albert, Gellért, György, Ilona, Sándor
24.	2 456 042	14 09 42	György, Csaba, Debóra, Györgyi, Hunor, Melitta, Simon
25.	2 456 043	14 13 38	Márk, Ervin
26.	2 456 044	14 17 35	Ervin, Marcell, Mária, Tihamér
27.	2 456 045	14 21 31	Zita, Mariann, Marianna, Péter
28.	2 456 046	14 25 28	Valéria, Dorisz, Pál, Patrícia, Patrik, Teodóra
29.	2 456 047	14 29 24	Péter, Antónia, Kata, Katalin, Róbert, Roberta, Tihamér
30.	2 456 048	14 33 21	Katalin, Kitty, Hilda, Ildikó, Mariann, Tivadar, Zsófia



Az északi égbolt április 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Eseménynaptár (UT)

Dátum Időpont Esemény

- | | | |
|--------|-------|---|
| 04.01. | 17:23 | Az esti szürkületben a Jupiter bolygó az o Ari-tól (5,8 ^m) 18'33"-re délre |
| 04.01. | 17:48 | A Hold nyugati librációja ($l = -7,80^\circ$, $b = 5,66^\circ$) |
| 04.01. | 19:58 | A 70,0%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől a 29 Cnc (6,0 ^m) 1'51"-re északkeletre |
| 04.02. | 15:21 | A Hold maximális librációja ($l = -7,61^\circ$, $b = 6,27^\circ$) |
| 04.03. | 0:00 | A Hold mögé belép az ω Leonis (kettőscsillag, 5,4 ^m , 80,9%-os, növekvő holdfázis) |
| 04.03. | 18:26 | Az esti szürkületben a Vénusz bolygó a 23 Tau-tól (4,1 ^m) 23'29"-re délkeletre |
| 04.03. | 18:26 | Az esti szürkületben a Vénusz bolygótól 26,3'-cel északra az M45 nyílt-halmaz (Fiastyúk) |
| 04.03. | 18:41 | A 87,2%-os, növekvő fázisú Holdtól 8,9°-kal északkeletre a Mars |
| 04.03. | 19:37 | A 87,5%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől a 19 Sex (5,8 ^m) 3'26"-re délnyugatra |
| 04.03. | 20:29 | A Vénusz bolygó az η Tau-tól (Alcyone, Fiastyúk halmaztag, 2,9 ^m) 23'41"-re délre |
| 04.04. | 1:26 | A Hold északi librációja ($b = 6,67^\circ$, $l = -6,48^\circ$) |
| 04.06. | 1:51 | A C/2009 P1 (Garradd) üstökös 14'-re délkeletre a 18 UMa-tól |
| 04.06. | 3:03 | A reggeli szürkületben a (37) Fides kisbolygó (10,9 ^m) az NGC 4958 galaxistól (10,7 ^m) 6,0'-re északkeletre |

Dátum Időpont Esemény

04.06.	19:19	Telehold (a Hold a Virgo csillagképben)
04.07.	3:39	A hajnali szürkületben a 99,7%-os, csökkenő fázisú Holdtól 8,4°-kal északkeletre a Szaturnusz (a Hold és a Szaturnusz között a Spica)
04.07.	17:07	A Hold földközélen (földtávolság: 358 304 km, látszó átmérő: 33'21", 98,7%-os, csökkenő holdfázis)
04.08.	20:10	A Hold minimális librációja ($l = 1,95^\circ$, $b = 2,10^\circ$)
04.09.	1:02	A (134340) Pluto törpebolygó (14,1 ^m) a Pal 8 gömbhalmaztól (10,9 ^m) 43,6'-re északnyugatra
04.09.	2:57	A hajnali szürkületben a (23) Thalia kisbolygó (12,1 ^m) az M8 diffúz ködtől (Lagúna-köd, 5,0 ^m) 2,0'-cel délkeletre
04.09.	2:57	A hajnali szürkületben a C/2009 P1 (Garradd) üstökös 13'-re keletre a 15 UMa-tól
04.09.	18:36	Az esti szürkületben a (6) Hebe kisbolygó (10,3 ^m) az NGC 3226/7 kölcsönható galaxispártól (10,3 ^m) 20,1'-re északkeletre
04.11.	2:01	A Hold eléri legkisebb deklinációját $-22,7^\circ$ -nál (75,3%-os, csökkenő holdfázis)
04.12.	18:41	Az esti szürkületben a Vénusz bolygó a χ Tau-tól (5,4 ^m) 20'16"-re nyugatra
04.13.	10:50	Utolsó negyed (a Hold a Sagittarius csillagképben)
04.14.	2:46	A hajnali szürkületben a C/2009 P1 (Garradd) üstökös 25'-re keletre az ι UMa-tól
04.14.	3:59	A Hold keleti librációja ($l = 6,89^\circ$, $b = -5,64^\circ$)
04.15.	4:13	Szaturnusz bolygó eléri legnagyobb látszó fényességét, 0,2 magnitúdót (a bolygó látszó átmérője 19,1", Virgo csillagkép)
04.15.	12:31	A Hold maximális librációja ($l = 6,62^\circ$, $b = -6,47^\circ$)
04.15.	18:26	Szaturnusz bolygó oppozícióban (0,2 ^m , 19,1" látszó átmérő, Virgo csillagkép)
04.16.	17:26	A Hold déli librációja ($b = -6,71^\circ$, $l = 5,98^\circ$)
04.16.	21:21	A (25) Phocaea kisbolygó (13,3 ^m) elfedi a TYC 4851-02449-1-et (11,0 ^m)
04.18.	17:23	A Merkúr bolygó legnagyobb nyugati elongációja (27,5°-os elongáció, 0,4 ^m látszó fényesség, 7,9" átmérő, 46% fázis Pisces csillagkép)
04.18.	18:51	A Vénusz bolygótól 22'-re északnyugatra a (29) Amphitrite kisbolygó (11,0 ^m)
04.19.	3:15	A hajnali szürkületben a 4,4%-os, csökkenő fázisú Holdtól 7,1°-kal délre a Merkúr
04.19.	18:53	Az esti szürkületben a (37) Fides kisbolygó (11,3 ^m) az NGC 4786 galaxistól (11,7 ^m) 5,4'-re délnyugatra
04.20.	3:13	28 óra 5 perces holdsarló 1,2° magasan a hajnali égen (a Merkúr bolygótól 15,8°-ra északkeletre)
04.20.	18:42	A (328) Gudrun kisbolygó (13,9 ^m) elfedi a TYC 1950-01507-1-et (10,6 ^m)
04.20.	18:54	Kedvező időpont a Messier-maratonra
04.20.	19:58	A C/2009 P1 (Garradd) üstökös 29'-re keletre a 35 Lyn-től
04.21.	4:40	Merkúr bolygó dichotómiája (50,0% fázis, 27,3°-os nyugati elongáció, 7,5" látszó átmérő)
04.21.	7:18	Újhold (a Hold az Aries csillagképben)

Dátum Időpont Esemény

04.21.	18:56	Kedvező időpont a Messier-maratonra
04.22.	2:28	A hajnali szürkületben az Áprilisi Lyridák meteorraj maximuma (radiáns 75° magasan, az 1 napos holdsarló nem zavar a megfigyelésben)
04.22.	14:04	A Hold földtávolban (földtávolság: 406 429 km, látszó átmérő: $29'24''$, 1,5%-os, növekvő holdfázis)
04.22.	18:17	34 óra 58 perces holdsarló $7,5^\circ$ magasan az esti égen (a Vénusztól $27,5^\circ$ -kal nyugatra, a Jupitertől $1,9^\circ$ -kal északnyugatra)
04.23.	3:12	A Hold minimális librációja ($l = -1,39^\circ$, $b = -1,45^\circ$)
04.23.	18:18	Az esti szürkületben a Hold, a Vénusz és a Jupiter bolygók, valamint a Fiastyúk látványos együttállása
04.23.	19:00	Az esti szürkületben az 5,4%-os, növekvő fázisú Holdtól $4,1^\circ$ -kal északra a Fiastyúk (M45 nyílthalmaz)
04.24.	18:20	Az esti szürkületben a 10,3%-os, növekvő fázisú Holdtól $7,6^\circ$ -kal északkeletre a Vénusz bolygó
04.24.	19:01	Az esti szürkületben a (27) Euterpe kisbolygó ($11,4^m$) az 53 Tau-tól $6'22''$ -re északkeletre
04.24.	20:13	A Vénusz bolygótól a HIP 23228 ($7,0^m$) $4'2''$ -re délre
04.25.	13:00	A Hold eléri legnagyobb deklinációját $21,3^\circ$ -nál (15,2%-os, növekvő holdfázis)
04.25.	19:03	Az esti szürkületben a 17,0%-os, növekvő fázisú Hold $1,0^\circ$ -kal északra az M1 szupernóva-maradványtól
04.28.	19:58	A (15) Eunomia kisbolygó ($10,3^m$) az IC 2157 nyílthalmaztól ($8,4^m$) $4,5'$ -re délre
04.29.	9:58	Első negyed (a Hold a Cancer csillagképben)
04.29.	19:10	Az esti szürkületben a (15) Eunomia kisbolygó ($10,4^m$) az NGC 2158 nyílthalmaztól ($8,6^m$) $15,4'$ -re délnyugatra
04.29.	21:39	A Hold nyugati librációja ($l = -8,01^\circ$, $b = 6,40^\circ$)
04.29.	23:12	A Hold mögé belép a κ Cancri (kettőscsillag, $5,2^m$, 55,8%-os, növekvő holdfázis). Az ország egyes részeiről sűrű fedés látható.
04.30.	2:11	A reggeli szürkületben a (124) Alkeste kisbolygó ($11,2^m$) a θ Lib-től $5'39''$ -re délkeletre
04.30.	12:08	A Hold maximális librációja ($l = -7,93^\circ$, $b = 6,66^\circ$)
04.30.	21:04	A (15) Eunomia kisbolygó ($10,4^m$) az M 35 nyílthalmaztól ($5,1^m$) $28,1'$ -re délre
04.30.	21:56	Vénusz bolygó eléri legnagyobb látszó fényességét, $-4,5$ magnitúdót (a bolygó látszó átmérője $37,4''$, fázisa 27,0%)

Üstökösök

C/2009 P1 (Garradd). A Naptól és a Földtől is távolodó üstökös gyorsan halványodik, fényessége 6,5 és 8 magnitúdó között csökken. Az esti égen látszó égitest immár dél felé mozog az Ursa Maior, majd a Lynx csillagképekben. Útja során több fényes csillagot is megközelít, 5-én este a 18 Ursae Maioris, 8-án este pedig a 15 Ursae Maioris mellett látható, majd 13-án áthalad a Nagy Medve nyugatabbi lábát jelképező κ és ι Ursae Maioris között.

C/2006 S3 (LONEOS). Április 16-án, öt és fél évvel felfedezése után végre eléri napközeli pontját. Ha ekkor a Naptól és a Földtől is 1 CSE-re lenne, fényessége elérné a +4 magnitúdót, ám sajnos 5,131 CSE-nél nem kerül közelebb csillagunkhoz, így fényessége 12,5 magnitúdó körül lesz. A nagy abszolút fényességű vándor a Serpens Cauda csillagképben mozog lassan nyugat felé, 23-án este a 4,2 magnitúdó o Serpentistól 25 ívperccel délre kell keresni.

A Vénusz és a Fiastyúk

Már március utolsó napjaiban is csak néhány fokra lesz a kora esti égen a Vénusz a Fiastyúktól, fokozatos közeledésük április 3-án tetőzik: ekkor bolygósomszédunk a csillag-halmaz látszólagos tagjaként ragyog fel. Egy órával napnyugta után a 30 fokos magasságban a nyugati égen tündöklő Vénusz mellett már a Fiastyúk csillagai is láthatóvá válnak, a Merope és az Alcyone is mintegy fél foknyira lesz csupán a bolygótól. Az égi randevút az ekkor mintegy 14 fok magasan álló Jupiter is kíséri, de a teljesség kedvéért érdemes az égbolt többi részén is körülnézni, hiszen ekkor kel a Szaturnusz a tőle körülbelül 6 fokra lévő Spica mellett, a délkeleti égen pedig a 43 fok magasan álló Hold és a tőle körülbelül 10 fokra lévő Mars ragyog. A társaság közelebb találkozója április 22-én körvonalazódik: ekkor a holdsarló körülbelül 2 fokkal a Jupiter mellett áll majd a nyugati horizont felett, fél órával napnyugta után 7-8 fok magasságban. 23-án a Hold a Fiastyúkot közelíti meg mintegy 5 fok távolságra, 24-én a Hyadok halmaza felett áll szintén körülbelül 5 fokra. 25-én a már látványosan hízó sarló a Vénusszal egy magasságban, tőle 1 foknyi távolságra áll.



Április 29/30-án a Hold súrolva fedi a κ Cancrit

Ezen a tavaszi éjszakán az első negyed utáni Hold súrolva fedi az 5,2 magnitúdós κ Cancrit. A jelenséget a csillag alacsony fényessége miatt szabad szemmel még nem lehet látni, ehhez minimum egy jó és rezgésmentes állványra helyezett (esetleg megtámasztott) binokulárra van szükség, de inkább 7–10 cm körüli vagy afeletti átmérőjű csillagászati távcsövet használjunk. Mivel súroló fedésről van szó, a Hold csupán a Salgótarján–Eger–Debrecen vonaltól délre takarja el a csillagot, ezen a vonalon felállva (a pontos előrejelzések, koordináták az érdeklődők számára az interneten vagy az MCSE Okkultációs Szakcsoportjánál elérhetőek) a csillag sorozatos el- és feltűnését tapasztaljuk, ahogy a holdi hegyek mögött az égítést látszólag elvonul. A vonaltól északra fedést nem láthatunk. A jelenségre – észlelőhelytől függően – 23:09 és 23:12 UT között kerül sor, miközben a Hold csupán 10 fok magasan fog tartózkodni.

κ Cancri belépése a Hold mögé 2012. április 29-én

Helység	UT			Hold °	CA °	PA °
	h	m	s			
Budapest	23	11	44	9	16N	33
Győr	23	10	29	10	18N	35
Kaposvár	23	9	52	10	24N	41
Kecskemét	23	11	39	9	18N	35
Paks	23	10	45	9	21N	38
Pécs	23	10	7	10	25N	41
Sopron	23	9	27	11	21N	37
Szeged	23	11	27	8	21N	38
Székesfehérvár	23	10	47	10	19N	36
Szekszárd	23	10	29	9	23N	39
Szombathely	23	9	15	11	23N	39
Tatabánya	23	10	39	10	18N	35
Veszprém	23	10	16	10	21N	37
Zalaegerszeg	23	9	18	11	24N	40

A komolyabb, határvonalon történő megfigyelésre készülők vegyék fel a kapcsolatot a szakcsoport vezetőjével!

A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
4 1	22	47	58	be	1281	6,3	71 +	28	65 D	127	+0,3	-2,0
4 2	18	35	5	be	1384	7,2	79 +	51	54 D	140	+1,2	-1,4
4 2	23	59	54	be	1397 ω Leo	5,5	81 +	21	36 É	50	+1,2	-0,3

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekcio	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
4 4	20	7	26	be	138004	7,5	94 +	40	21 D	171	+0,4	-2,3
4 4	23	27	34	be	1629	6,6	95 +	32	67 É	78	+1,5	-0,8
4 7	22	51	50	ki	2018	6,6	98 -	25	88 D	299	+1,3	-0,2
4 13	2	51	49	ki	2825 V4199 Sgr	6,3	53 -	19	48 É	304	+1,6	+0,1
4 14	2	44	54	ki	163399	7,3	43 -	16	74 D	242	+1,2	+1,6
4 17	2	22	12	ki	146252	7,2	16 -	4	68 É	274	+0,2	+1,5
4 23	19	18	30	be	76297 BL Tau	9,0	5 +	7	60 É	49	+0,1	-0,4
4 25	19	27	40	be	77292	8,7	17 +	21	72 D	108	+0,1	-1,8
4 25	20	15	47	be	77323	7,7	17 +	13	41 D	139	-0,5	-2,3
4 26	21	40	48	be	95790	7,9	25 +	7	78 É	83	-0,2	-1,2
4 27	20	16	36	be	96791	7,8	34 +	27	70 É	79	+0,6	-1,3
4 27	20	22	49	be	96794	8,0	34 +	26	63 É	73	+0,7	-1,1
4 27	21	42	41	be	1116	7,2	34 +	13	53 D	137	-0,3	-2,0
4 28	20	10	38	be	1234	6,2	44 +	34	38 D	155	+0,1	-2,8
4 29	21	18	53	be	98338	7,6	55 +	28	71 É	87	+0,8	-1,4
4 29	23	11	40	be	1359 κ Cnc	5,2	55 +	9	16 É	33	+1,1	+1,6

Évforduló

150 éve született William Wallace Campbell

William Wallace Campbell (1862. április 11. – 1938. június 14.) amerikai csillagász a szegénységben leélt gyerekkor, majd egy ohioi farmon végzett nehéz munka után elég pénzhez jutott, hogy jelentkezessen a Michigani Egyetemre építőmérnöknek. Harmadéves volt, amikor a kezébe akadt Simon Newcomb *Népszerű csillagászat* című műve, és ez megváltoztatta az életét. Két nap alatt elolvasta a könyvet, és eldöntötte, hogy csillagász lesz. John Schaeberle professzor tanította meg észlelni és üstökös pályákat számolni. Diplomájának megszerzése után két évig matematikát tanított a Coloradói Egyetemen, majd visszatért a Michigani Egyetemre, hogy korábbi tanára, Schaeberle helyére lépjen, aki a Lick Obszervatórium legelső munkatársai közé szerződött el (1888). 1890 nyarán Campbell a Lick Obszervatórium önkéntes észlelőjeként spektroszkópiát tanul nyaral Keelertől.

Ebben az időben a csillagászati spektroszkópia jelentős változás előtt állt. Addig a hullámhosszmérések vizuálisan készültek, de nyilvánvalóvá vált, hogy a fotografikus szinképrögzítés a jövő. Campbell ehhez egy kiváló, kellően merev és hőmérséklet-kompenzált spektrográfot tervezett. Keeler régi spektroszkópjára felszerelt fotokamerája alkalmazásával hamarosan a világ legsikeresebb spektroszkópusa lett. Az 1890-es években fontos megfigyeléseket végzett ködökről, Wolf-Rayet-csillagokról, üstökösökről és a fényes Nova Aurigae 1892-ről. 1900-ban Newcomb felterjeszti a legelső fizikai Nobel-díjra. 1901. január 1-jétől harminc éven át a Lick Obszervatórium igazgatója volt.

Szinte a teljes Lick-személyzetet a radiális sebesség-mérő programra szervezte át. Campbell célja az volt, hogy meghatározza a Nap mozgását a csillagok átlagos mozgásához képest. Az eredményt 1925-ben publikálta – a munka egyben a Tejútrendszer



szerkezete későbbi feltárásának alapját is képezte. Az átfogó felmérés egyúttal rendkívül sok spektroszkópiai kettős felfedezéséhez is vezetett, amiből lassan világossá vált, hogy a többes csillagrendszerek igen gyakoriak.

Már igazgatóságának első évében rábírta a korábbi szponzort, Millst, hogy újabb 24 000 dollár adományozásával segítse a déli égbolt radiálissebesség-felmérésének programját. A pénz elégnék bizonyult egy 91 cm-es Cassegrain-teleszkóp és a hozzá kapcsolódó spektrográf megépítésére, Chilébe szállítására, ott egy kis obszervatórium felállítására, és két fős észlelő személyzet 2 éves fizetésére! A

déli Mills-állomás a Lick sikeres vállalkozása lett, amelynek működését további támogatások folyósításával Mills és később fia is még sok évre meghosszabbította. Az egész égbolt radiálissebesség-felmérését, amely 2771 csillagot tartalmazott, katalógus formájában jelentették meg 1928-ban.

Campbell további nagy vállalkozásai voltak a napfogyatkozás-expedíciók. Hét expedíció alkalmával a napkorona zöld emissziós vonalának hullámhosszát és a színkép változásait mérte. Legsikeresebb expedíciója az 1922. évi, amelyen Robert Trumplerrel együtt Eddington és Dyson 1919-es méréseinél sokkal pontosabban igazolta a csillagok fényének a gravitáció miatti elhajlását, amely Einstein relativitáselméletének bizonyítéka.

1922–1925 között a Nemzetközi Csillagászati Unió és az Amerikai Csillagászati Szövetség elnöke volt.

Emlékezet: nevét egy marsi és egy holdkráter (Campbell-kráter: $45,3^\circ \text{ É}$, $151,4^\circ \text{ K}$, $D = 219 \text{ km}$, Leon Campbell változócsillag-észlelővel közösen osztoznak az elnevezésen), valamint egy kisbolygó (2751 Campbell: 1962. szeptember 7-én, a Goethe Link Obszervatóriumban felfedezett, főövbeli kisbolygó) őrzi az égen.

Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
1	18:11,4	Io	mk
2	18:24,8	Io	áv
	19:34,5	Ganymedes	mv
5	18:41,5	Europa	áv
9	18:10,0	Io	ák
12	18:54,2	Europa	ák
20	18:39,0	Ganymedes	ák
	19: 2,7	Ganymedes	ev
21	19: 3,0	Europa	fv
24	18:47,9	Io	mk
25	18:39,4	Io	áv
28	18:42,4	Europa	mk

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

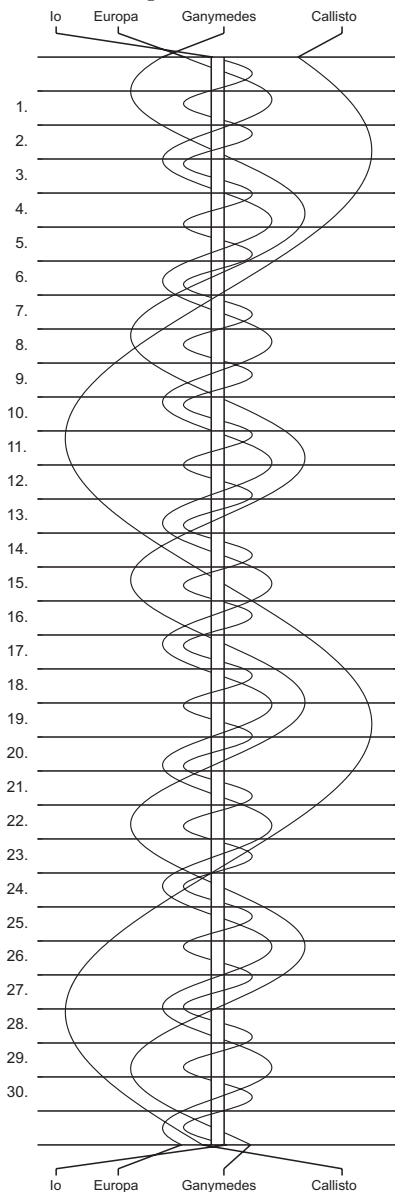
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

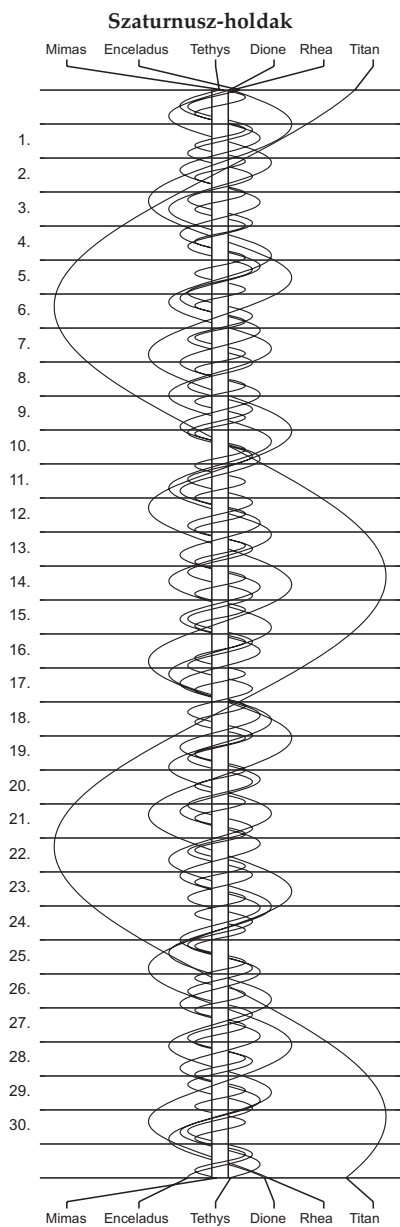
m= mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége

Jupiter-holdak





$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – május**

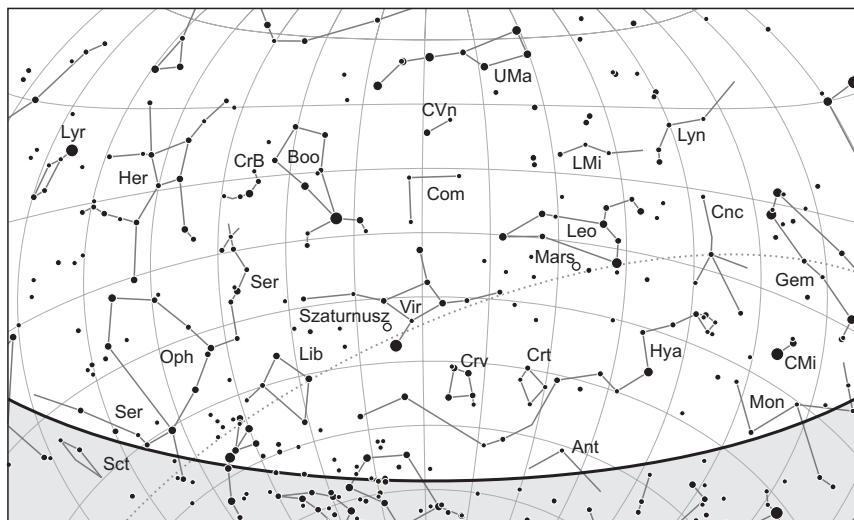
KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			fázis
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	h_d °	E_t m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	
1. k 122.	4 26	11 41	18 56	57,8	+2,9	13 17	19 46	1 38	
2. sz 123.	4 25	11 41	18 58	58,1	+3,0	14 32	20 37	2 04	
3. cs 124.	4 23	11 40	18 59	58,4	+3,1	15 50	21 30	2 30	
4. p 125.	4 21	11 40	19 00	58,7	+3,2	17 10	22 26	2 59	
5. sz 126.	4 20	11 40	19 02	58,9	+3,3	18 32	23 25	3 32	
6. v 127.	4 18	11 40	19 03	59,2	+3,4	19 51	–	4 12	○ 4 35
19. hét									
7. h 128.	4 17	11 40	19 04	59,5	+3,4	21 03	0 28	5 01	
8. k 129.	4 15	11 40	19 06	59,8	+3,5	22 05	1 31	5 59	
9. sz 130.	4 14	11 40	19 07	60,0	+3,6	22 55	2 33	7 05	
10. cs 131.	4 13	11 40	19 08	60,3	+3,6	23 35	3 33	8 16	
11. p 132.	4 11	11 40	19 10	60,5	+3,6	–	4 28	9 28	
12. sz 133.	4 10	11 40	19 11	60,8	+3,6	0 07	5 19	10 38	● 22 47
13. v 134.	4 09	11 40	19 12	61,0	+3,7	0 35	6 06	11 46	
20. hét									
14. h 135.	4 07	11 40	19 13	61,3	+3,7	0 59	6 51	12 52	
15. k 136.	4 06	11 40	19 15	61,5	+3,7	1 22	7 34	13 57	
16. sz 137.	4 05	11 40	19 16	61,8	+3,6	1 44	8 16	15 00	
17. cs 138.	4 04	11 40	19 17	62,0	+3,6	2 06	8 59	16 02	
18. p 139.	4 02	11 40	19 18	62,2	+3,6	2 31	9 43	17 04	
19. sz 140.	4 01	11 40	19 20	62,4	+3,5	2 59	10 27	18 05	
20. v 141.	4 00	11 40	19 21	62,6	+3,5	3 31	11 14	19 04	
21. hét									
21. h 142.	3 59	11 40	19 22	62,8	+3,4	4 08	12 02	19 59	● 0 47
22. k 143.	3 58	11 40	19 23	63,0	+3,3	4 52	12 51	20 49	
23. sz 144.	3 57	11 40	19 24	63,2	+3,3	5 43	13 40	21 33	
24. cs 145.	3 56	11 40	19 25	63,4	+3,2	6 40	14 29	22 11	
25. p 146.	3 55	11 41	19 27	63,6	+3,1	7 41	15 17	22 44	
26. sz 147.	3 54	11 41	19 28	63,7	+3,0	8 46	16 05	23 14	
27. v 148.	3 54	11 41	19 29	63,9	+2,9	9 53	16 53	23 40	
22. hét									
28. h 149.	3 53	11 41	19 30	64,1	+2,7	11 02	17 40	–	● 21 16
29. k 150.	3 52	11 41	19 31	64,2	+2,6	12 14	18 28	0 05	
30. sz 151.	3 51	11 41	19 32	64,4	+2,5	13 27	19 18	0 31	
31. cs 152.	3 51	11 41	19 33	64,5	+2,3	14 44	20 11	0 57	

A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát kell adni.

május

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 456 049	14 37 18	<i>A munka ünnepe</i> ; Fülöp, Jakab, Benedek, Berta, József
2.	2 456 050	14 41 14	Zsigmond, Ráhel
3.	2 456 051	14 45 11	Tímea, Irma, Antónia, Jakab, Sándor, Viola, Zsaklin
4.	2 456 052	14 49 07	Mónika, Flórián, Amália, Antónia, László
5.	2 456 053	14 53 04	Györgyi, Erna, Irén, Irina, Judit, Viola
6.	2 456 054	14 57 00	Ivett, Frida, Ditta, Friderika, Ida, János, Judit, Tamara
7.	2 456 055	15 00 57	Gizella, Dalma
8.	2 456 056	15 04 53	Mihály, Géza, Győző, Péter
9.	2 456 057	15 08 50	Gergely, Édua, Gergő, György, Karola, Kristóf, Sarolta
10.	2 456 058	15 12 47	Ármin, Pálma, Antónia, Armand, Míra
11.	2 456 059	15 16 43	Ferenc, Jakab
12.	2 456 060	15 20 40	Pongrác, Dalma, Gyöngyi, Johanna, Viktor
13.	2 456 061	15 24 36	Szervác, Imola, Fatima, Gellért, Glória, Róbert, Roberta
14.	2 456 062	15 28 33	Bonifác, Aglája, Gyöngyi, Julianna
15.	2 456 063	15 32 29	Zsófia, Szonja, Dóníz, Izóra, János
16.	2 456 064	15 36 26	Mózes, Botond, János, Simon
17.	2 456 065	15 40 22	Paszkál, Andor
18.	2 456 066	15 44 19	Erik, Alexandra, Erika, Kamilla, Klaudia, Szandra
19.	2 456 067	15 48 16	Ivó, Milán
20.	2 456 068	15 52 12	Bernát, Felícia, Hanna, Johanna
21.	2 456 069	15 56 09	Konstantin, András, Mirella
22.	2 456 070	16 00 05	Júlia, Rita, Emil, Julianna, Renáta
23.	2 456 071	16 04 02	Dezső, Renáta, Vilmos
24.	2 456 072	16 07 58	Eszter, Eliza, Mária, Simon, Szimonetta, Vince, Zsófia
25.	2 456 073	16 11 55	Orbán, Gergely, Gergő, György, Magdolna, Márk
26.	2 456 074	16 15 51	Fülöp, Evelin, Aladár, Gyöngyvér
27.	2 456 075	16 19 48	<i>Pünkösöd</i> ; Hella, Ágoston, Gyula
28.	2 456 076	16 23 45	<i>Pünkösöd</i> ; Emil, Csanád, Ágoston, Vilma, Vilmos
29.	2 456 077	16 27 41	Magdolna, Mária
30.	2 456 078	16 31 38	Janka, Zsanett, Dezső, Hanna, Johanna, Nándor
31.	2 456 079	16 35 34	Angéla, Petronella, Mária, Matild



A déli égbolt május 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Bolygók

Merkúr: A hónap első harmadában napkelte előtt kísérelhető meg felkeresése a keleti ég alján, de ekkor is alig fél órával kel a Nap előtt. Ezután eltűnik a napkelte fényében, és 27-én felső együttállásban van a Nappal.

Vénusz: A hónap elején még majdnem négy órával nyugszik a Nap után, és magasan látszik az esti nyugati égen. 15-én látszó mozgása hátrálóra változik, és a hónap végére láthatósága drasztikusan romlik, alig háromnegyed órával napnyugta után el is tűnik. Fényessége $-4,5^m$ -ról $-3,9^m$ -ra csökken, átmérője $37,9''$ -ről $57''$ -re nő, fázisa 0,26-ről 0,01-ra zsugorodik.

Mars: Előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Az éjszaka első felében látható, kora hajnalban nyugszik. Tovább halványodik, fényessége $0,0^m$ -ról $0,5^m$ -ra, átmérője $9,9''$ -ről $7,9''$ -re csökken.

Jupiter: Előretartó mozgást végez a Kos, majd 14-től a Bika csillagképben. A hónap folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 13-án együttállásban van a Nappal. Fényessége $-2,0^m$, átmérője $33''$.

Szaturnusz: Hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Az éjszaka első felében látható, hajnalban nyugszik. Fényessége $0,4^m$, átmérője $19''$.

Uránusz: Kora hajnalban kel. A hajnali délkeleti ég alján, közel a látóhatárhoz kereshető a Halak, 12-e után a Cet csillagképben.

Neptunusz: Éjfél után kel. Hajnalban kereshető a Vízöntő csillagképben.

Dátum Időpont Esemény

05.08.	1:18	A Hold eléri legkisebb deklinációját $-22,6^\circ$ -nál (94,6%-os, csökkenő holdfázis)
05.10.	0:26	A Hold mögül kilép a ξ^1 Sagittarii ($5,1^m$, 79,6%-os, csökkenő holdfázis)
05.12.	9:25	A Hold keleti librációja ($l = 7,42^\circ$, $b = -6,42^\circ$)
05.12.	21:47	Utolsó negyed (a Hold a Capricornus csillagképben)
05.13.	1:59	A Hold maximális librációja ($l = 7,33^\circ$, $b = -6,70^\circ$)
05.13.	13:25	A Jupiter bolygó együttállásban a Nappal (a Naptól $0,8^\circ$ -ra)
05.13.	19:36	A Vénusz bolygótól $19'$ -re északra a (29) Amphitrite kisbolygó ($11,0^m$)
05.13.	21:46	A Hold déli librációja ($b = -6,82^\circ$, $l = 7,00^\circ$)
05.19.	2:25	45 óra 22 perces holdsarló $3,3^\circ$ magasan a hajnali égen
05.19.	16:28	A Hold földtávolban (földtávolság: 406 439 km, látszó átmérő: $29'24''$, 1,5%-os, csökkenő holdfázis)
05.20.	17:23	A Hold minimális librációja ($l = -0,93^\circ$, $b = -0,94^\circ$)
05.20.	23:47	Újhold (a Hold a Taurus csillagképben)
05.22.	11:47	A Hold eléri legnagyobb deklinációját $21,3^\circ$ -nál (2,0%-os, növekvő holdfázis)
05.22.	19:01	43 óra 14 perces holdsarló $6,2^\circ$ magasan az esti égen (a Vénusz bolygótól $5,5^\circ$ -ra délre)
05.22.	19:09	Az esti szürkületben a 3,0%-os (43 óra 22 perces holdsarló) növekvő fázisú Holdtól $5,0^\circ$ -kal északra a Vénusz bolygó
05.22.	23:52	Az (5) Astraea kisbolygó ($10,9^m$) az NGC 3705 galaxistól ($11,1^m$) $4,3'$ -re északra
05.23.	20:37	A (240) Vanadis kisbolygó ($14,4^m$) elfedi a TYC 1397-00691-1-et ($10,1^m$)
05.24.	22:27	A C/2009 P1 (Garradd) üstökös $17'$ -re északkeletre a p^1 Cnc-től
05.25.	19:31	Az esti szürkületben a Hold mögé belép az 1 Cancri ($5,8^m$, 20,4%-os, növekvő holdfázis)
05.26.	19:19	Az esti szürkületben a Hold mögé belép az 50 Cancri ($5,9^m$, 29,1%-os, növekvő holdfázis)
05.26.	21:07	A 29,8%-os, növekvő fázisú Holdtól $29,5'$ -re keletre az M67 nyílthalmaz
05.27.	10:00	A Merkúr bolygó felső együttállásban a Nappal (a Naptól $0,5^\circ$ -ra)
05.27.	10:23	A Merkúr bolygó eléri legnagyobb látszó fényességét, $-2,3$ magnitúdót (a bolygó látszó átmérője $5,1''$, fázisa 100,0%)
05.27.	22:06	A Hold nyugati librációja ($l = -7,41^\circ$, $b = 6,76^\circ$)
05.28.	6:26	A Hold maximális librációja ($l = -7,39^\circ$, $b = 6,83^\circ$)
05.28.	15:15	A Hold északi librációja ($b = 6,85^\circ$, $l = -7,32^\circ$)
05.28.	20:16	Első negyed (a Hold a Sextans csillagképben)
05.29.	21:28	A (44) Nysa kisbolygó ($10,6^m$) az M25 nyílthalmaztól ($4,6^m$) $10,7'$ -re délre
05.31.	1:20	A reggeli szürkületben a (128) Nemesis kisbolygó ($11,2^m$) az NGC 6287 gömbthalmaztól ($9,2^m$) $7,9'$ -re északra
05.31.	19:12	Az esti szürkületben a 81,2%-os, növekvő fázisú Holdtól $8,1^\circ$ -kal északkeletre a Szaturnusz bolygó (a Hold és a Szaturnusz között a Spica)
05.31.	22:42	A Mars bolygó a χ Leo-tól ($4,6^m$) $14'24''$ -re délre

Üstökösök

C/2009 P1 (Garradd). A Lynx, majd a Cancer csillagképekben halad dél felé, fényessége 8 és 9 magnitúdó között csökken, földtávolsága pedig a hónap végére eléri a 350 millió km-t. A fényes csillagokban szegény területen mozgó vándor 11-én fél fokkal nyugatra lesz látható az NGC 2683 jelű, 10,5 magnitúdós galaxistól, 17-én este pedig szinte elfedi a 13,5 magnitúdós NGC 2679-et.

C/2006 S3 (LONEOS). A Serpens Cauda, majd az Ophiuchus csillagképekben kereshetjük ezt a lassú mozgású, 12-12,5 magnitúdó fényességű égitestet. Május 10-én 9 ívperccel délre halad el a v Serpentistől, majd 15-én hajnalban pontosan áthalad az NGC 6309 jelű, Doboz-ködként is ismert planetáris ködön, ami remek témát kínál az asztrofotósok számára.

C/2011 F1 (LINEAR). A Lincoln Near Earth Asteroid Research (LINEAR) földszüroló kisbolygók felfedezésére irányuló programjának melléktermékeként fedezték fel 2011. március 17-én. A 18,3 magnitúdós égitest ekkor még 7 CSE-re járt a Naptól, melyet 2013. január 8-án fog a legjobban megközelíteni, ekkor 1,819 CSE-re lesz csillagunktól, sajnos hozzánk képest pont az áttellenes oldalon. Mivel ezt követően átkerül a déli égre, számunkra a nyári-őszi időszak kínálja az egyetlen lehetőséget megfigyelésére. A cirkumpoláris üstökös fényessége azonban már ebben a hónapban átlépheti a 13 magnitúdót, így közepes és nagyobb távcsövekkel elérhető lehet. Lassan mozog a Draco, majd a Bootes csillagképben, a szegényes környezetben csak néhány jelentéktelen galaxis mellett halad el.

C/2011 F1 (LINEAR)

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	Δ (CSE)	r (CSE)	E (°)	m _v (m)
05.01.	15 03 29	+56 46 01	3,042	3,486	108	12,8
05.06.	14 56 23	+56 34 53	3,010	3,441	107	12,8
05.11.	14 49 13	+56 14 11	2,980	3,396	106	12,7
05.16.	14 42 10	+55 43 42	2,953	3,351	104	12,6
05.21.	14 35 24	+55 03 21	2,928	3,306	103	12,5
05.26.	14 29 04	+54 13 18	2,905	3,261	102	12,4
05.31.	14 23 18	+53 13 55	2,885	3,216	100	12,4
06.05.	14 18 11	+52 05 42	2,866	3,172	98	12,3
06.10.	14 13 47	+50 49 14	2,850	3,127	96	12,2
06.15.	14 10 08	+49 25 05	2,836	3,083	94	12,2
06.20.	14 07 16	+47 53 53	2,823	3,039	92	12,1
06.25.	14 05 11	+46 16 21	2,813	2,994	90	12,0
06.30.	14 03 51	+44 33 10	2,804	2,950	88	11,9
07.05.	14 03 14	+42 45 00	2,796	2,907	86	11,9
07.10.	14 03 19	+40 52 27	2,791	2,863	84	11,8
07.15.	14 04 02	+38 56 03	2,786	2,820	81	11,7
07.20.	14 05 22	+36 56 19	2,784	2,777	79	11,7
07.25.	14 07 17	+34 53 47	2,782	2,734	77	11,6
07.30.	14 09 44	+32 48 57	2,782	2,692	74	11,5
08.04.	14 12 41	+30 42 14	2,782	2,650	72	11,5
08.09.	14 16 06	+28 33 59	2,784	2,608	70	11,4

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	Δ (CSE)	r (CSE)	E (°)	m_v (m)
08.14.	14 19 56	+26 24 33	2,787	2,567	67	11,3
08.19.	14 24 12	+24 14 15	2,790	2,526	65	11,3
08.24.	14 28 50	+22 03 27	2,795	2,486	62	11,2
08.29.	14 33 51	+19 52 26	2,800	2,446	60	11,1
09.03.	14 39 12	+17 41 26	2,805	2,407	57	11,1
09.08.	14 44 52	+15 30 39	2,811	2,369	54	11,0
09.13.	14 50 51	+13 20 18	2,817	2,331	52	10,9
09.18.	14 57 09	+11 10 36	2,823	2,294	49	10,9
09.23.	15 03 44	+09 01 45	2,829	2,258	47	10,8
09.28.	15 10 36	+06 53 55	2,835	2,223	44	10,7

A csökkenő Vénusz-fázis

Május hónapban a Bika csillagképben tartózkodva az esti ég feltűnő égitestje. Az alsó együttállás (és a Vénusz-átvonulás) felé közeledve látszó átmérője növekszik, fázisa csökken. A hónap elején még maximális fényességet ér el, $-4,4^m$, látszó átmérője $37''$, azonban a hónap vége felé a Nap sugarai felé közeledve egyre rosszabb lesz a láthatósága, annak ellenére, hogy látszó mérete ekkor már eléri az $56\text{--}57''$ -et. A fázisbecslés mellett a Vénusz felhőzetének észlelése a vizuális észlelők megszokott megfigyelési programja. Azonban az elmúlt években a megfigyelési technikák és eszközök fejlődésével mostanra a digitális észlelők is sikerrel örökíthetik meg a Vénusz légkörének apró részleteit és annak változásait. Legalább 20 centiméteres tükrös távcsöveket – és már amatőrök számára is elérhető – UV-áteresztő Vénusz-szűrőket, vagy közeli-infravörös szűrőket használva a digitális észlelési technika is létjogosultságot nyer a ragyogó Esthajnalcsillag esetében. Az észleléseket nemcsak a sötétedő esti égen érdemes végezni, hanem jóval korábban, még a Nap lenyugvása előtt is, mert ekkor az objektum sokkal magasabban tartózkodik a horizont fölött, lehetővé téve ezáltal a földi légköri zavaró hatások minimalizálását. Sőt, akár a bolygó delelése – a horizont feletti legnagyobb magasság – idején is próbálkozhatunk. A manapság elterjedt korszerű számítógép-vezérlésű távcsövekkel a világos nappali égen is könnyen távcsővégre foghatjuk bolygósomszédunkat, és a digitális technikák és a képjavító feldolgozási praktikák segítségével látványos eredményeket érhetünk el.



A hajszálvékony Vénusz-sarló 2004. május 30-án. Zsiga László felvétele 200/1000-es Newton-reflektorral és webkamerával készült.

A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
5 6	21	2	43	ki	2228	5,8	99 –	15	83 D	284	+1,1	+0,7
5 9	0	56	52	ki	2580	6,9	88 –	20	28 É	330	+1,7	-1,5
5 10	0	25	58	ki	2757 ξ^1 Sgr	5,0	79 –	17	22 D	195	+1,5	+2,9
5 10	1	19	41	ki	2760	6,9	79 –	20	76 D	249	+1,6	+0,9
5 24	20	36	51	be	96538	7,4	13 +	4	58 É	70	-0,2	-1,0
5 25	19	30	32	be	1197 1 Cnc	5,8	20 +	21	50 É	65	+0,6	-1,0
5 25	20	41	4	be	97442	8,0	21 +	9	79 D	116	-0,2	-1,7
5 26	19	18	48	be	1318 50 Cnc	5,9	29 +	28	86 D	112	+0,5	-1,8
5 27	20	12	9	be	117819	7,4	39 +	24	84 D	116	+0,5	-1,9
5 28	21	3	8	be	1536	7,4	50 +	19	22 D	179	-0,1	-3,2
5 28	21	58	30	be	1543	6,6	50 +	11	39 É	60	+0,5	-0,9

Évforduló

100 éve született Martin Schwarzschild

Martin Schwarzschild (1912. május 31. – 1997. április 10.), német–amerikai csillagász előkelő német zsidó család második gyermekeként látta meg a napvilágot, Potsdam-ban. Apja a híres csillagász, Karl Schwarzschild, a Potsdami Asztrofizikai Observatórium igazgatója volt, akinek korai halála (1916) után a család Göttingenbe költözött. A göttingeni gimnáziumban olyan neves tanárai voltak, mint Carl Runge (numerikus analízis) és Ludwig Prandtl (az aerodinamika úttörője). Később a Göttingeni Egyetem matematika tanszékén Richard Courant vezetése alatt kezdett el dolgozni. Ez az időszak alapozta meg a nemlineáris, csatolt differenciálegyenletek numerikus megoldása terén szerzett képességét, amelyet később a csillagszerkezet és a csillagfejlődés leírásánál hasznosított. 1935 decemberére fejezi be doktori dolgozatát. Eredetileg a Polaris észleléséről írt volna, de hamar a pulzáló változócsillagok elmélete felé kanyarodott. Apja egykori barátja és kollégája, a világhírű Ejnar Hertzsprung tanácsára egyéves állást fogadott el Oslóban a szintén neves asztrofizikus Svein Roseland mellett. Itt fejezi be és publikálja téziseit a csillagok akkoriban még rejtélyes energiaforrásáról. Ezt követően Harlow Shapley, a Harvard College Observatórium igazgatója hároméves ösztöndíjat ajánlott fel neki, így az Amerikai Egyesült Államokba került. A Harvard Observatóriumban cefeida és más változócsillagok fénygörbéit vizsgálta.

Schwarzschild első komolyabb állandó pozíciója a Columbia Egyetemhez és annak Rutherford Observatóriumához fűződik (1940-től). Ekkoriban már cikkeket ír a csillagpulzációról, konvekcióról és a rotációról. Egy új fotométer megkonstruálásán is dolgozik, valamint későbbi fő szakterületének előszeleként, a differenciálegyenletek lyukkártya-vezérlésű számítógépek segítségével történő integrálásán. A kibontakozó munkát megszakította a világháború, amelynek idején egy katonai hírszerző egységben szolgált Olaszországban.

A háború után 1947-ben állást fogad el a Princetoni Egyetemen Lyman Spitzerrel egyidejűleg, akihez 50 éven át, élethosszig tartó barátság fűzte (alig tíz nap különbséggel hunytak el).

Érdekes családi kapcsolat, hogy Martin Schwarzschild Robert Emden svájci asztrofizikus unokaöccse.

Martin Schwarzschild csillagászati munkássága három fő témakör köré csoportosítható:

- A csillagpopulációk vizsgálata. Feleségével, Barbara Cherryvel közös cikkükben mutatták ki (1950), hogy a Naphoz képest viszonylag nagy sebességgel mozgó, II. populációs csillagok nehéz elemekben igen szegények. Egy évvel később, Spitzerrel közös cikkükben pedig kimutatták, hogy az I. populációs csillagok keletkezése jelenleg is zajlik.

- A csillagszerkezetre és fejlődésre vonatkozó numerikus számításai során arra az eredményre jutott, hogy a vörös óriások kémiaiilag inhomogének, és a II. populációs csillagoknak az Univerzum akkor gondolt koránál idősebbeknek kell lenniük (Fred Hoyle-lal közösen publikálták ezt 1955-ben). Számításaiival főleg a Naphoz hasonló típusú csillagok életét követte a hidrogénfúzió leállása után, a héliumfúzió beindulásán át a planetáris köd kibocsátásáig. 1958-ben megjelent *A csillagok szerkezete és fejlődése* című monográfiája évtizedekig a legfontosabb bevezető munka volt a területtel foglalkozó csillagászok számára.

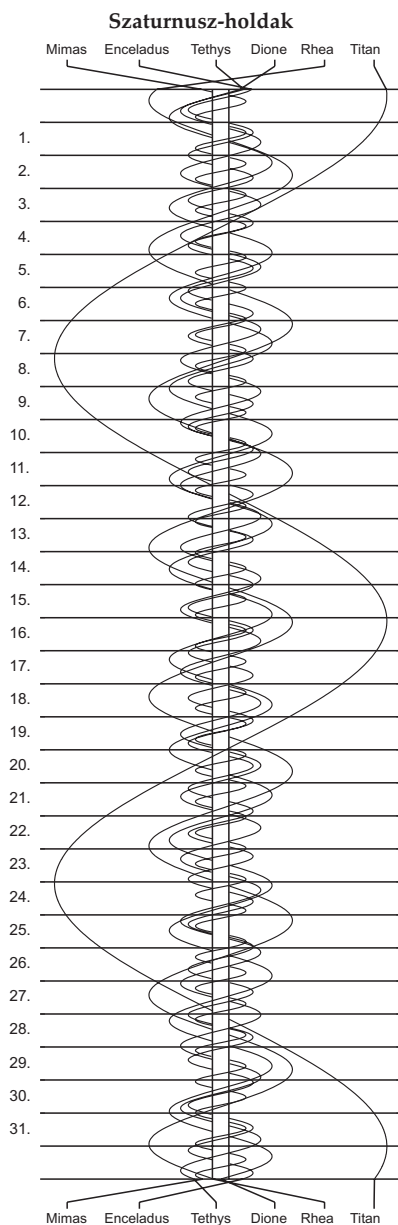
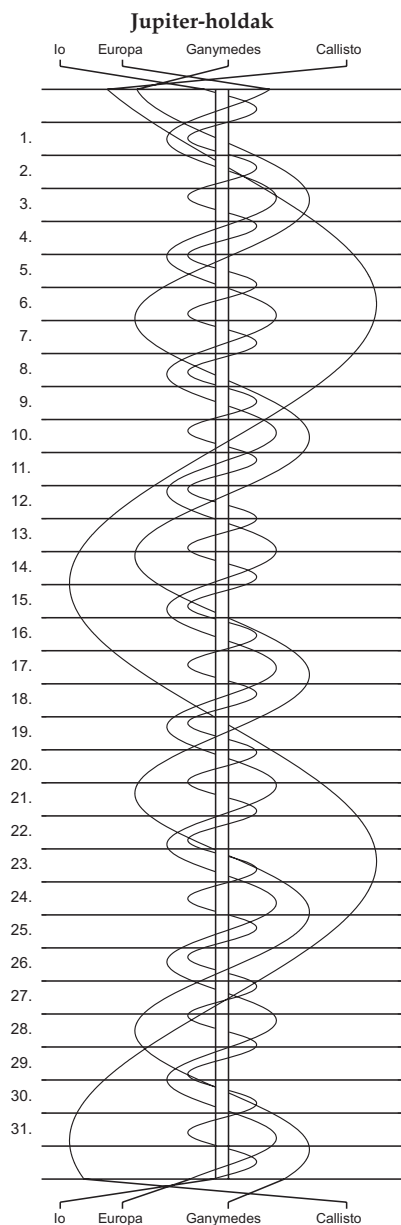
- Az elsők között ismerte fel a konvekció szerepét a csillagok szerkezete és fejlődése szempontjából, és kapcsolatát a Nap granulációival. Schwarzschild 1975-ben előre jelezte, hogy a vörös óriásoknak hatalmas méretű konvekciós cellái lehetnek – ezt a Betelgeuzéről készült képekkel később a Hubble-űrtávcső igazolta.

1976-tól kezdve Schwarzschild főleg az elliptikus galaxisok szerkezetére koncentrált: a bennük keringő csillagok hozzájárulását számolta a teljes gravitációs potenciálhoz.

Számos ország akadémiaja választotta tagjává, és több jelentős tudományos díjat kapott. Az IAU alelnöke, valamint az Amerikai Csillagászati Társaság alelnöke, majd elnöke is volt. Neki köszönhető, hogy nem bomlott fel az utóbbi, minthogy a napfizikusok, a nagyenergiájú asztrofizikával foglalkozók és a bolygókutatók úgy érezték, hogy a szövetség már nem szolgálja az érdekeiket. Schwarzschild félig autonóm divíziókká szervezte át ezeket a csoportokat, és ez a mai napig így van. Különös figyelmet és érzékenységet tanúsított aziránt, hogy a tudományos közösség kellő aktivitással kommunikáljon a társadalommal.

Emlékezet: nevét egy kisbolygó (4463 Marschwarzschild: 1954. október 28-án, a Goethe Link Obszervatóriumban felfedezett, főövbeli kisbolygó) őrzi az égen.





$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – június**

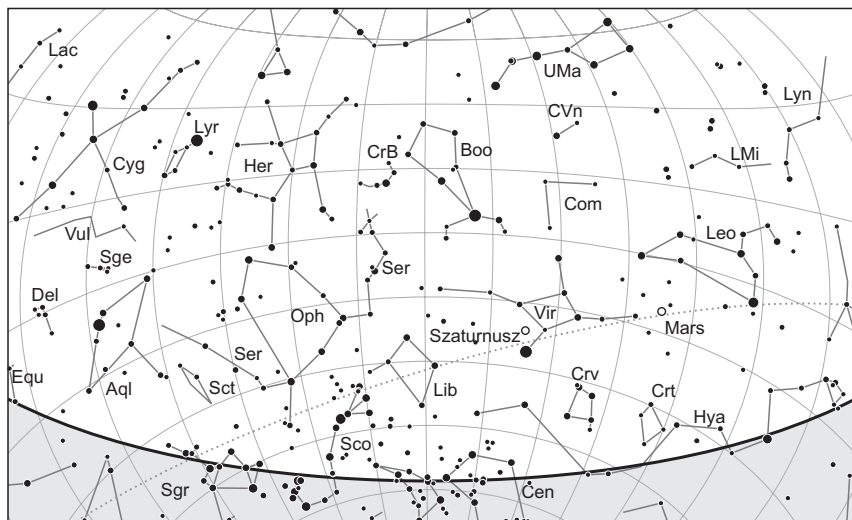
KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			fázis
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	h_d °	E_t m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	
1. p 153.	3 50	11 42	19 34	64,6	+2,2	16 02	21 07	1 27	
2. sz 154.	3 49	11 42	19 34	64,8	+2,0	17 22	22 07	2 02	
3. v 155.	3 49	11 42	19 35	64,9	+1,9	18 38	23 09	2 46	
23. hét									
4. h 156.	3 48	11 42	19 36	65,0	+1,7	19 46	–	3 38	○ 12 12
5. k 157.	3 48	11 42	19 37	65,1	+1,5	20 43	0 13	4 41	
6. sz 158.	3 47	11 42	19 38	65,2	+1,3	21 29	1 15	5 52	
7. cs 159.	3 47	11 43	19 38	65,3	+1,1	22 06	2 14	7 06	
8. p 160.	3 47	11 43	19 39	65,4	+1,0	22 36	3 08	8 20	
9. sz 161.	3 46	11 43	19 40	65,5	+0,8	23 02	3 59	9 31	
10. v 162.	3 46	11 43	19 41	65,6	+0,6	23 26	4 46	10 40	
24. hét									
11. h 163.	3 46	11 43	19 41	65,6	+0,4	23 48	5 31	11 46	● 11 41
12. k 164.	3 46	11 44	19 42	65,7	+0,2	–	6 14	12 50	
13. sz 165.	3 46	11 44	19 42	65,8	–0,0	0 11	6 57	13 54	
14. cs 166.	3 45	11 44	19 43	65,8	–0,3	0 35	7 40	14 56	
15. p 167.	3 45	11 44	19 43	65,8	–0,5	1 02	8 25	15 57	
16. sz 168.	3 45	11 44	19 44	65,9	–0,7	1 32	9 11	16 57	
17. v 169.	3 45	11 45	19 44	65,9	–0,9	2 08	9 58	17 53	
25. hét									
18. h 170.	3 46	11 45	19 44	65,9	–1,1	2 49	10 47	18 45	
19. k 171.	3 46	11 45	19 45	65,9	–1,3	3 38	11 36	19 32	● 16 02
20. sz 172.	3 46	11 45	19 45	65,9	–1,6	4 33	12 26	20 13	
21. cs 173.	3 46	11 45	19 45	65,9	–1,8	5 34	13 15	20 48	
22. p 174.	3 46	11 46	19 45	65,9	–2,0	6 38	14 03	21 18	
23. sz 175.	3 47	11 46	19 45	65,9	–2,2	7 45	14 51	21 45	
24. v 176.	3 47	11 46	19 45	65,9	–2,4	8 53	15 38	22 11	
26. hét									
25. h 177.	3 47	11 46	19 45	65,9	–2,6	10 03	16 25	22 35	
26. k 178.	3 48	11 47	19 45	65,8	–2,8	11 14	17 13	23 01	
27. sz 179.	3 48	11 47	19 45	65,8	–3,0	12 28	18 03	23 28	● 4 30
28. cs 180.	3 49	11 47	19 45	65,8	–3,3	13 43	18 56	0 00	
29. p 181.	3 49	11 47	19 45	65,7	–3,5	14 59	19 52	–	
30. sz 182.	3 50	11 47	19 45	65,6	–3,7	16 15	20 52	0 38	

A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát kell adni.

június

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 456 080	16 39 31	Tünde, Angéla, Hortenzia
2.	2 456 081	16 43 27	Kármén, Anita, Ábel, Csilla, Irma, Jenő, Kornél, Péter
3.	2 456 082	16 47 24	Klotild, Cecília, Kevin
4.	2 456 083	16 51 20	Bulcsú, Fatima, Fatime, Ferenc
5.	2 456 084	16 55 17	Fatime, Fatima, Nándor, Valéria
6.	2 456 085	16 59 14	Norbert, Cintia, Artemisz, Felícia, Klaudia, Kolos
7.	2 456 086	17 03 10	Róbert
8.	2 456 087	17 07 07	Medárd, Ágnes, Helga, Izabella, Vilmos
9.	2 456 088	17 11 03	Félix, Annamária, Diána, Előd
10.	2 456 089	17 15 00	Margit, Gréta, Diána, Gitta
11.	2 456 090	17 18 56	Barnabás, Etelka, Roxána
12.	2 456 091	17 22 53	Villő, Etelka, János
13.	2 456 092	17 26 49	Antal, Anett
14.	2 456 093	17 30 46	Vazul
15.	2 456 094	17 34 43	Jolán, Vid, Ábrahám, Bernát, Izolda, Viola, Violetta
16.	2 456 095	17 38 39	Jusztin, Ferenc, Jusztina, Péter
17.	2 456 096	17 42 36	Laura, Alida, Alinka, Terézia
18.	2 456 097	17 46 32	Arnold, Levente, Dolóresz, Márk
19.	2 456 098	17 50 29	Gyárfás, Hajnalka, Julianna, Liána, Mihály, Rómeó
20.	2 456 099	17 54 25	Rafael, Benigna, Koppány, Margit
21.	2 456 100	17 58 22	Alajos, Leila, Lejla, Lujza, Olga
22.	2 456 101	18 02 18	Paulina, Ákos, Kriszta, Krisztina, Tamás
23.	2 456 102	18 06 15	Zoltán, Édua
24.	2 456 103	18 10 12	Iván, Beáta, János, Levente
25.	2 456 104	18 14 08	Vilmos, Vilma, Viola, Violetta
26.	2 456 105	18 18 05	János, Pál, Dávid, Örs
27.	2 456 106	18 22 01	László, Olga
28.	2 456 107	18 25 58	Levente, Irén, Gyula, Irina, Laura, Marcella, Tivadar
29.	2 456 108	18 29 54	Péter, Pál, Aladár, Aliz, Beáta, Ditta, Emma, Petra
30.	2 456 109	18 33 51	Pál, Ditta, Judit



A déli égbolt június 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Bolygók

Merkúr: A hónap elején már kereshető az esti nyugati ég alján, ekkor fél órával nyugszik a Nap után. Láthatósága folyamatosan javul; június végén már másfél órával nyugszik a Nap után. A fényessége azonban lassan csökken, ami nehezíti a megtalálását.

Vénusz: 1-jén még negyven perccel nyugszik a Nap után, kereshető a nyugati látóhatár közelében, 6-án azonban már alsó együttállásban van a Nappal, ekkor átvonul a napkorong előtt. A hónap közepén már újra kereshető, immár napkelte előtt a keleti látóhatár közelében. 27-én hátráló mozgása ismét előretartóba vált, a hó végén már több mint másfél órával kel a Nap előtt. Fényessége $-3,9^m$ -ról $-3,6^m$ -ra csökken, majd $-4,4^m$ -ra fényesedik vissza. Átmérője $57,1''$ -ről $57,8''$ -re nő, majd $45,4''$ -re csökken. Fázisa 0,09-ről 0,0-ra csökken, majd 0,16-ra nő.

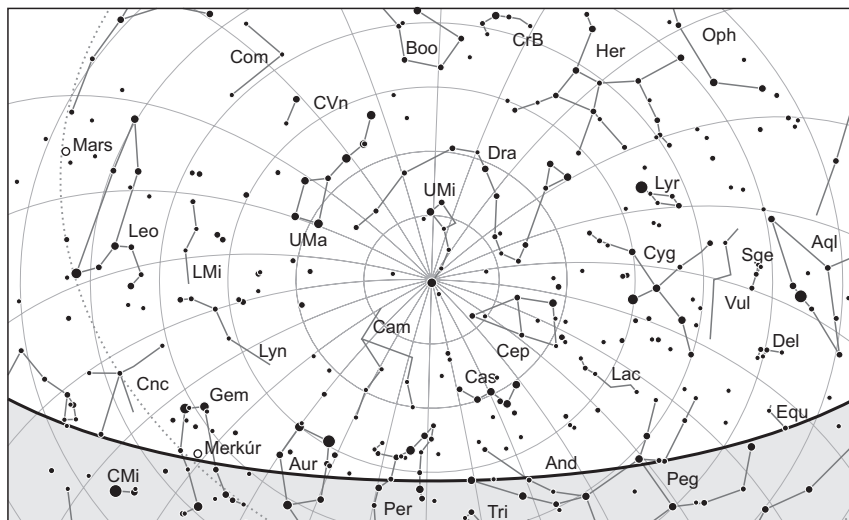
Mars: Előretartó mozgást végez az Oroszlán, majd a Szűz csillagképben. Éjfél után nyugszik, az éjszaka első felében kereshető a délnyugati égen. Lassan tovább halványodik, fényessége $0,5^m$ -ről $0,9^m$ -ra csökken, átmérője $7,8''$ -ről $6,6''$ -re zsugorodik.

Jupiter: Előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. 10-e után már kereshető napkelte előtt a keleti ég alján mint feltűnő égitest. Fényessége $-2,2^m$, átmérője $33''$.

Szaturnusz: Hátráló, majd 26-tól előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Az éjszaka első felében látható, éjfél után nyugszik. Fényessége $0,6^m$, átmérője $18''$.

Uránusz: Éjfél után kel, az éjszaka második felében látható a Cet csillagképben.

Neptunusz: Éjfél körül kel, az éjszaka második felében kereshető a Vízöntő csillagképben. 5-én előretartó mozgása hátrálóba vált.



Az északi égbolt június 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Eseménynaptár (UT)

Dátum Időpont Esemény

06.01.	0:40	Az (1015) Christa kisbolygó (14,2 ^m) elfedi a TYC 6266-01996-1-et (11,5 ^m)
06.01.	20:06	Az esti szürkületben a (52) Europa kisbolygó (11,1 ^m) a ξ Ser-től 2'34"-re nyugatra
06.03.	0:45	A (171) Ophelia kisbolygó (13,3 ^m) elfedi a UCAC2 22995306-ot (11,8 ^m)
06.03.	13:24	A Hold földközeli (földtávolság: 358 494 km, látszó átmérő: 33'20", 98,8%-os, növekvő holdfázis)
06.03.	16:04	A Hold minimális librációja ($l = 0,33^\circ$, $b = 0,35^\circ$)
06.04.	11:12	Telehold (a Hold az Ophiuchus csillagképben)
06.04.	22:20	A Hold eléri legkisebb deklinációját $-22,6^\circ$ -nál (99,7%-os, csökkenő holdfázis)
06.06.	1:14	A reggeli szürkületben a (10) Hygiea kisbolygó (10,9 ^m) a ρ Aqr-től 5'21"-re délre
06.06.	1:30	A Vénusz bolygó alsó együttállásban a Nappal (a Naptól 0,2°-ra)
06.06.	2:48	A napkorong előtt elvonul a Vénusz bolygó, kilépés 04:55 UT-kor (napkeltekor már a napkorong előtt van a Vénusz)
06.09.	0:09	Az (596) Scheila kisbolygó (12,0 ^m) elfedi a TYC 6215-00418-1-et (11,8 ^m)
06.09.	15:52	A Hold keleti librációja ($l = 7,24^\circ$, $b = -6,76^\circ$)
06.09.	21:22	A Hold maximális librációja ($l = 7,23^\circ$, $b = -6,79^\circ$)
06.10.	4:20	A Hold déli librációja ($b = -6,81^\circ$, $l = 7,19^\circ$)
06.11.	10:41	Utolsó negyed (a Hold a Pisces csillagképben)

Dátum Időpont Esemény

06.16.	1:33	A Hold földtávolban (földtávolság: 405 761 km, látszó átmérő: 29'27", 11,2%-os, csökkenő holdfázis)
06.16.	2:06	A hajnali szürkületben a Jupiter bolygótól 4,8°-ra északnyugatra a Fiastyúk nyílthalmaz (M45)
06.17.	0:08	Az (596) Schelia kisbolygó (12,2 ^m) az M80 gömbhalmaztól (7,3 ^m) 3,8'-re keletre
06.17.	2:06	A hajnali szürkületben az 5,8%-os, csökkenő fázisú Holdtól 2,5°-kal keletre a Jupiter bolygó (4,2°-kal északra a Fiastyúk), látványos együttállás
06.17.	6:09	A Hold minimális librációja ($l = -0,53^\circ$, $b = -0,52^\circ$)
06.17.	7:46	A 4,8%-os, csökkenő fázisú Holdtól a nappali égen 41'-cel (a holdkorong peremétől 26'-re) délre a Jupiter bolygó, 25,3°-os elongációban a Naptól
06.17.	23:59	A Plútó törpebolygó a HIP 91135-től (7,1 ^m) 2'16"-re délre
06.18.	2:06	A hajnali szürkületben a 2,2%-os (36 óra 56 perces holdsarló) csökkenő fázisú Holdtól 1,9°-kal délnyugatra a Vénusz bolygó
06.18.	2:06	36 óra 56 perces holdsarló 1,7° magasan a hajnali égen (a Vénusz bolygótól 1,9°-ra északkeletre, a Jupiter bolygótól 9,2°-ra keletre)
06.18.	10:02	A Mars bolygó eléri legkisebb fázisát 89,89%-nál (86,1°-os keleti elongáció, 0,8 ^m látszó fényesség, 6,8" látszó átmérő)
06.18.	10:38	A Hold eléri legnagyobb deklinációját 21,3°-nál (1,3%-os, csökkenő holdfázis)
06.19.	15:02	Újhold (a Hold az Orion csillagképben)
06.19.	21:39	A Mars bolygó a 89 Leo-tól (5,8 ^m) 22'55"-re északkeletre
06.20.	23:09	Nyári napforduló
06.21.	19:26	Az esti szürkületben a 4,7%-os, növekvő fázisú Holdtól 6,3°-kal északra a Merkúr bolygó
06.24.	10:15	A Hold nyugati librációja ($l = -6,21^\circ$, $b = 6,75^\circ$)
06.24.	16:05	A Hold maximális librációja ($l = -6,21^\circ$, $b = 6,78^\circ$)
06.24.	19:52	A Hold északi librációja ($b = 6,78^\circ$, $l = -6,19^\circ$)
06.25.	0:32	A (18) Melpomene kisbolygó oppozícióban (9,1 ^m látszó fényesség, Serpens csillagkép)
06.25.	14:29	A Merkúr bolygó dichotómiája (50,0% fázis, 25,0°-os keleti elongáció, 7,3" látszó átmérő)
06.26.	19:26	Az esti szürkületben a 46,2%-os, növekvő fázisú Holdtól 7,6°-kal északra a Mars bolygó
06.26.	20:22	Az esti szürkületben a (23) Thalia kisbolygó (11,2 ^m) az NGC 6316 gömbhalmaztól (8,1 ^m) 12,2'-re északra
06.27.	1:13	A reggeli szürkületben a (44) Nysa kisbolygó (10,1 ^m) az NGC 6537 planetáris ködtől (12,0 ^m) 7,1'-re északkeletre
06.27.	3:30	Első negyed (a Hold a Virgo csillagképben)
06.28.	20:21	Az esti szürkületben a Mars bolygó a β Vir-től (3,6 ^m) 19'44"-re délre
06.30.	1:15	Az esti szürkületben a (704) Interamnia kisbolygó (11,6 ^m) az NGC 784 galaxistól (11,7 ^m) 17,0'-re délre

Üstökösök

C/2009 P1 (Garradd). A Cancer csillagképben dél felé tartó, 9 és 10 magnitúdó között halványuló égitest ebben a hónapban eltűnik az alkonyatban, s mire ősszel ismét feltűnik a hajnali égen, már csak nagyobb távcsövekkel lesz vizuálisan is elérhető. A Naprendszer belső térségeit 100 ezer éve egyszer már meglátogató üstökös a mostani visszatérése alatt felgyorsult egy kicsit, így következő visszatérése csak 500 ezer év múlva várható.

C/2006 S3 (LONEOS). Az Ophiuchus csillagképben, a hónap végén pedig a Scorpius északra felnyúló keskeny sávjában kereshetjük ezt a 12-12,5 magnitúdós üstököst. A nyugat felé mozgó égitest 11-én hajnalban 38 ívperccel északra halad el az M107 jelű, 8 magnitúdós gömbhalmaztól, majd 23-án este 22 ívperccel délre mutatkozik az 5,2 magnitúdós κ Scorpiától.

C/2011 F1 (LINEAR). Az esti égen látszó üstököst kellemes helyzetben figyelhetjük a Bootes, majd a Canes Venatici csillagképben, fényessége a hónap végére elérheti a 12 magnitúdót. A dél felé mozgó égitest 5-e és 8-a között a θ - κ -1 Bootis csillagok alkotta háromszögön halad keresztül, 7-én este 5 ívpercre megközelítve a 4,8 magnitúdós 1 Bootist. 11-én este a 13 magnitúdós NGC 5520 jelű galaxistól 3-4 ívperccel délre láthatjuk.

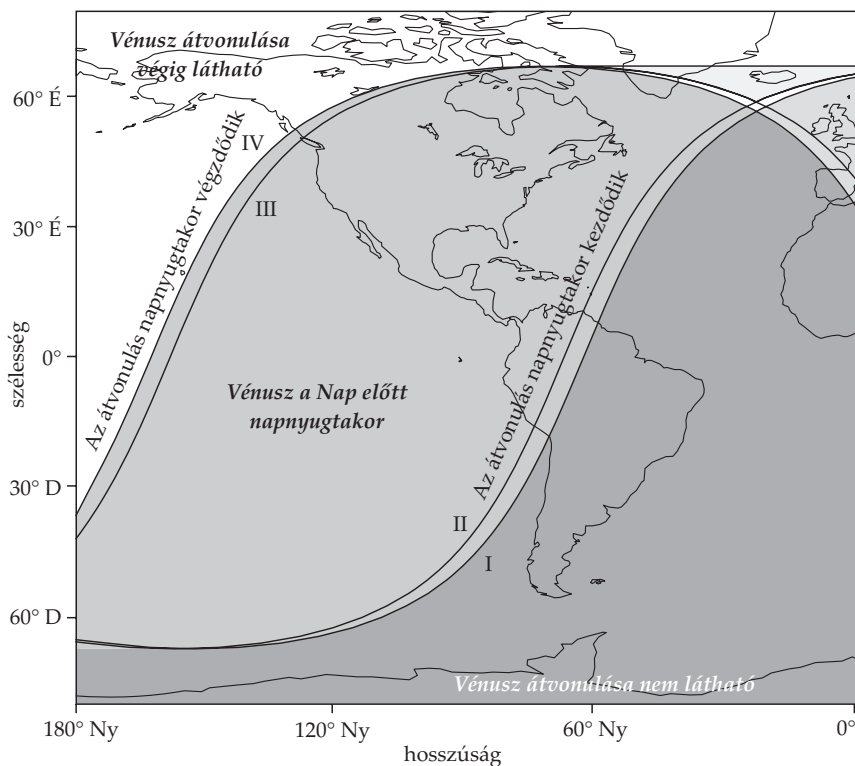
Vénusz-átvonulás június 6-án

Az év csillagászati eseménye a június 6-án, szerdán zajló Vénusz-átvonulás. A látványosság napkeltekor már zajlik, és helyi idő szerint röviddel hét óra előtt ér véget, azaz kicsivel több, mint egy órán át láthatjuk a Vénusz csöppnyi korongját a Nap fényes arca előtt. Amint azt a 2004-es esemény során már megtapasztalhattuk, szabad szemmel is látható lesz az apró foltoska – természetesen a Nap megfigyeléséhez kötelező védőeszközök használata mellett.

Az idei átvonulás során a Vénusz útja a Nap előtt 6 és fél órán át tart a belépéstől (amikor a Vénusz sötét korongja megjelenik a Nap keleti peremén) a kilépésig (amikor a másik oldalon elhagyja azt), de Magyarországról csak az utolsó órát és a kilépést lehet megfigyelni. A kilépés lesz számunkra a jelenség legérdekesebb része, mert ekkor különös fényjelenségeket figyelhetünk meg. A harmadik és negyedik kontaktus között 18 perc telik el, így viszonylag kényelmesen lehet észlelni, fotózni. A Vénusz a Nap északi részén halad át, átmérője 58,3", míg a Napé 1890", arányuk 1:32,4. A Vénusz majdnem egy ívperces korongja mindössze 0,001 magnitúdós fénycsökkenést fog okozni.

Nagyon fontos a megfelelő szűrők használata az átvonulás megfigyelésekor. Az 1999-es napfogyatkozásra vásárolt napfogyatkozás-néző szemüvegek közül a fémes felületűek továbbra is biztonságosan használhatóak a szabadszemes megfigyelésre, amennyiben a felületük mindenféle sérüléstől mentes. A csak fénycsökkentő hatású, sötét felületű változatok ennyi év után már nem biztos, hogy teljes védelmet nyújtanak a napfény káros sugarai ellen, ezek használata nem javasolt. Távcsöves megfigyelés esetén megfelelően gőzölt üveg- vagy fóliaszűrőt használjunk.

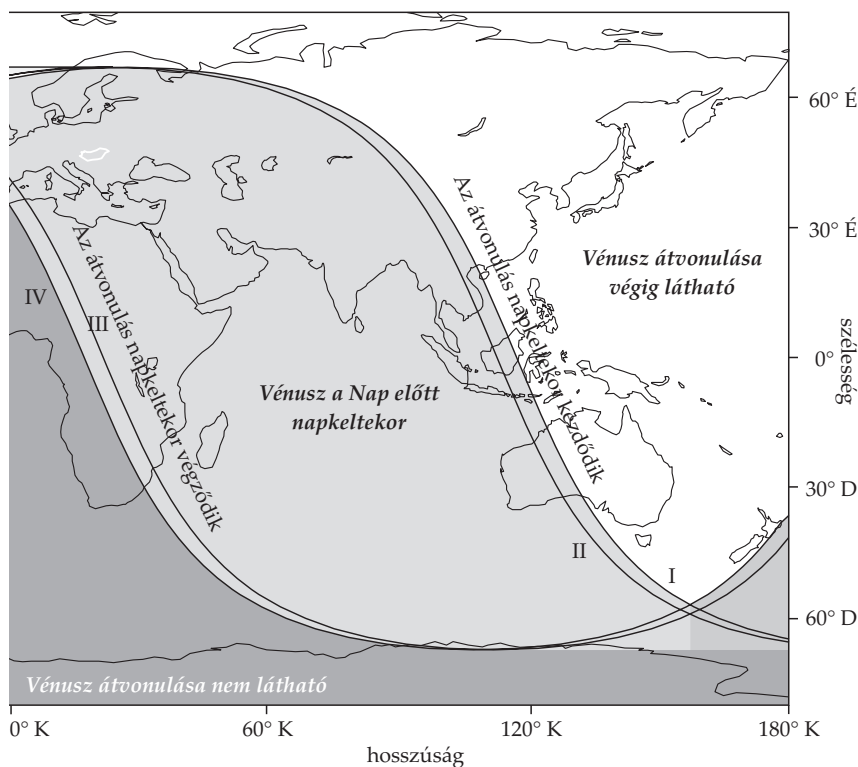
A tőlünk megfigyelhető kontaktusok és az ezek során megfigyelhető jelenségek a következők:



3. *kontaktus*: A Vénusz belülről érinti a napperemet, ezután a Vénusz-korong egyre kisebb darabja látható a napkorong szélén. A „fekete csepp” jelenség miatt várható, hogy röviddel a kontaktus előtt egy sötét híd köti össze a két égitestet, mintha a napperem már magához akarná „szippantani” a bolygót. A kontaktus időpontja az, amikor a két égitest alakjából arra következtetünk, hogy éppen érinti egymást a két körív, de jegyezzük fel a „fekete csepp” láthatóságát és idejét is. A Vénusz-korong nem lesz kontrasztos, a vastag légkör diffúzzá teszi a bolygó korongját.

4. *kontaktus*: A Vénusz korongja teljesen elhagyja a Napot, a két korong kívülről érintkezik egymással. A bolygó légköre miatt távcsővel néhány percig még követhető a Vénusz útja a Nap mellett.

Borult idő esetére tervezzünk „menekülési útvonalat”! Elképzelhető, hogy az országon belül is lehet derült területet találni, de lehet, hogy külföldre kell utazni, hogy ismét megláthassuk a Vénusz sötét sziluettjét a Nap előtt. „Esőnap” nincs! A következő átvonulásra 2125. december 8-ig kellene várni, de akkor is csak az eleje látható. (A 2117-es jelenség egyáltalán nem lesz Magyarországról látható.) 2247. június 11-én ugyan magas napállás mellett az egész átvonulás látható lesz tőlünk, de az már a távoli utódaink eseménye.



A Vénusz-átvonulások különlegességét a jelenség ritkasága adja. A távcső feltalálása óta összesen hét alkalommal volt ilyen jelenség, ebből hatot meg is figyeltek. Az 1631. december 7-i eseményt Nyugat-Európából próbálták néhányan megfigyelni, sikertelenül. Magyar megfigyelésről sem tudunk, pedig például Erdélyből majdnem háromnegyed órával napkelte után ért véget az átvonulás.

1639. december 4-én Angliából sikeresen észlelték napnyugta előtt a belépést, de ez Magyarországról nem volt látható. (1661 előtt távcső használatára sincsenek adatok hazánkban.)

1716-ban Edmund Halley felhívta a figyelmet, hogy a Vénusz-átvonulás alkalmas a Föld-Nap távolság (a csillagászati egység) meghatározására, különösen akkor, ha a Föld egymástól távoli pontjairól figyelik meg a jelenséget. Ezért 1761. június 6-án az átvonulást Európából sokan észlelték (ahol a belépés nem, de az átvonulás nagy része látható volt), de sokan utaztak el a Föld távoli pontjaira. Bécsben észlelt Hell Miksa, a bécsi egyetemi csillagda igazgatója is, Nagyszombaton pedig Weiss Ferenc és Sajnovics János. Eredményeiről különböző évkönyvekben be is számoltak. A megfigyelők itt említik először a „fekete csepp” jelenséget, a Vénusz légkörét.

A következő Vénusz-átvonulásra, 1769. június 3–4-én még több expedíció készült, ez volt James Cook kapitány híres csendes-óceáni útjának egyik fő célja. Ez az átvonulás csak Európa legészakibb részén volt megfigyelhető, így a dán király felkérésére Vardø szigetére utazott Hell Miksa és Sajnovics János, hogy onnan végezzék el az észlelést. Ez majdnem meghiúsult, de szerencsére a felhők pontosan a négy kontaktus idejére elvonultak a Nap elől, biztosítva az expedíció teljes sikerét. Ezzel lehetővé vált, hogy a távoli expedíciók és a vardøi észlelés alapján Hell Miksa kiszámítsa a csillagászati egység értékét. Noha később bécsi irigyei kétségbe vonták számítása és mérése helyességét, utólag kiderült, hogy az ő számítása állt legközelebb a ma elfogadott értékhez.

Az 1874. december 9-én bekövetkezett átvonulás során készültek az első fényképfelvételek, de ez a technika még a kísérletezés szakaszában volt, ezért kevés sikerült közülük. Magyar megfigyelők is voltak. Weinek László egy német expedícióval a Kerguelen-szigetéről észlelt, mostoha körülmények között. Kolozsvárott az éppen levonuló korongot figyelték meg Konkoly Thege Miklósék.

1882. december 6-án Amerikából észlelték végig magyarok egy német expedíció keretében a Vénusz-átvonulást. Európából és így Magyarországról is a jelenség kezdete látszott csak. A Szombathely melletti Herényben Gothard Jenőék próbálkoztak fényképezéssel és kontaktusméréssel is. A felhők miatt nem tudtak kontaktust mérni, és az alacsonyan álló Nap gyenge fénye miatt a fényképek sem sikerültek.

2004. június 8-án az egész ország a Vénusz-átvonulás lázában égett, derült idő mellett figyelhettük meg a teljes jelenséget, magunk is megtapasztalhattuk a „fekete cseppet”, a Vénusz légköre okozta anomáliákat. A kontaktusok mérése ugyan nem volt tudományos értékű, de az Európai Déli Observatórium (ESO) tudósai fogadták a lelkes amatőr észlelők adatait, megkísérelve újra kiszámolni a csillagászati egység értékét. A sok mérési adat átlaga $149\,608\,708 \pm 11\,835$ km, ami csupán 10838 km-rel nagyobb a jelenlegi hivatalos értéknél.



Jól látható a napfény által „átvilágított” Vénusz-légkör Éder Iván felvételén, amely a 2004-es Vénusz-átvonulás alkalmával készült.

De miért ilyen ritka a Vénusz-átvonulás? A fenti áttekintést megvizsgálva furcsa ciklikusságot vehetünk észre. Az egymást követő átvonulások között rendre 8 – 121,5 – 8 – 105,5 év telik el. A Föld június elején és december elején keresztezi a Vénusz keringési síkját, így csak akkor van átvonulás, ha ez utóbbi éppen alsó együttállásban van. Ha megnézzük a Föld és a Vénusz keringési idejét, látható, hogy 8 földi keringésre 13 Vénusz-keringés esik, 22,5 óra eltéréssel. Vagyis ha átvonulást láttunk, 8 év elteltével ismét átvonulás lesz látható. Újabb 8 év elteltével viszont – a 22,5 óra eltérésnek köszönhetően – a Vénusz már túl korán érkezik a csomópontra, nem látszik átvonulás. De ahogy telnek a 8 éves periódusok, 105,5 vagy 121,5 év elteltével ismét átvonulási szezon kezdődik – az ellentétes csomópontnál! Tovább vizsgálva a keringési időket, észrevehető, hogy 235 földi keringésre 382 vénuszi esik 12,9 óra különbséggel, illetve 243 földi-

re 395 vénuszi 9,6 óra különbséggel. Ezek alapján az átvonulások is ciklusokba, családokba rendezhetők. Vagyis: $1761+8 = 1769$; $1769+235 = 2004$; $1769+243 = 2012$, a júniusi átvonulások esetében. Hasonló ciklust találunk a decemberi eseményekre: 1874 és 1882, majd 2117 és 2125. A Vénusz-átvonulásoknak is megvan a maguk „Szárosz-ciklusa”, melyek szintén keletkeznek, fejlődnek, végül elmúlnak. Ilyen „elmúlás” miatt maradt ki például 1388-ban az átvonulás: a Vénusz túl korán érkezett a csomóponthoz...

Sokak észlelhették 2004-ben a Vénusz-átvonulást, és az akkori tapasztalatok alapján már jó előre eldönthették, milyen távcsővel, milyen felszereléssel és honnan szeretnék észlelni.

Helyszín: Magyarország különböző pontjai között túl nagy eltérés nem lesz, bár a keleten élőknek kedvez a korábban kelő Nap. A napkelte időpontjában akár 25-30 perces eltérések is lehetnek köszönhetően a közelgő nyári napfordulónak. Magyarország északkeleti csücskében (a Nyírségben Tiszabecs-nél) 2:30 UT-kor kel a Nap, míg délnyugaton 3:02 UT-kor. Érdemes lesz tehát keletebbre és északabbra utazni. A bolygófotózáshoz hasonlóan a jó kép eléréséhez válogassuk meg az észlelőhelyünket. Bár napkelte idején általában nyugodt a levegő, a júniusi magas napemelkedés során hamar felmelegedhet, ami a légköri nyugodtságot tönkreteszi. Erdős, füves vagy vízparti megfigyelőhely a legjobb választás, távol lakott területektől.

Ha külföldi megfigyelőhelyben gondolkodunk, a teljes jelenség magas napállásnál csak Alaszkából, Kelet Ausztráliából, Kelet-Kínából, Szibériából és a Mongóliától keletre eső ázsiai területekről lesz látható. Az 1769-es eseményhez hasonlóan Európa sarkkörön túli területein nem nyugszik le a Nap, így folyamatosan nyomon követhető az átvonulás. Finnország és Norvégia északi területein, valamint a Kola-félszigeten az éjféle Napnak és vele együtt a teljes jelenségnek örvehdhetünk. Érdekesen alakul az átvonulás Izland szigetén, amely a jelenség közepének antitengelyén található. A rövid éjszaka miatt még napnyugta előtt belép a Vénusz a Nap elé (Reykjavíkban a belépés 22:03–22:21-ig, majd napnyugta 23:44-kor), majd lenyugszanak. Napkeltekor (3:11-kor) még előtte van, majd néhány órával később kilép a Vénusz (4:35–4:53). A be- és kilépés-re itt 5 fok magasban fog sor kerülni.

Távcső: hosszú fókuszú, nagy nagyítású távcső az ideális, ami teljesen le van zárva a külső fényektől (például a rácsos Dobson-távcsöveket le kell egy lepelrel árnyékolni). Napszűrő fóliát, üveget is használhatunk, vagy Herschel-prizmát. A jelenség megfigyelésének további biztonságos módja a kivetítés. A megfelelő fénycsökkentésre és a bal-esetek elkerülésére ügyelni kell. Előzőleg teszteljük naptávcsövünket! Különösen érdekes lehet hidrogén-alfa naptávcsövekkel észlelni a jelenséget. Ezek a 2004-es eseménykor még nem voltak elterjedve. H-alfában a Nap pereme magasabban van, a kilépés 1-2 perccel később következik be, szerencsés esetben protuberanciákat is láthatunk/fotózhathatunk a Vénusz-korong mellett.

A Vénusz közeledése a Naphoz: az esti égen az átvonulás előtt napról napra lehet követni szabad szemmel és távcsővel egyaránt bolygósomszédunkat. Távcsővel látható, ahogy gyorsan nő az átmérője és vékonyodik a sarló. Az átvonulás előtti napokban a sarló szarvai meghosszabbodnak, akár körbe is érhetik a bolygót! Ez a Vénusz-légkör tüneménye. Nappali égen akár 1-2 nappal esemény előtti és utáni Vénuszt is megpillanthatjuk, de a Nap közelsége miatt vigyázni kell az észleléskor.

Napkelte: jó horizontú észlelőhelyeken hálás fotótéma a kelő napkorong, rajta a Vénusz fekete korongjával. Fotók mellett videókat is készíthetünk a felejthetetlen és

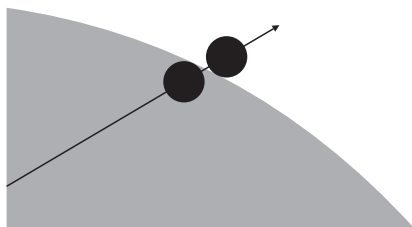
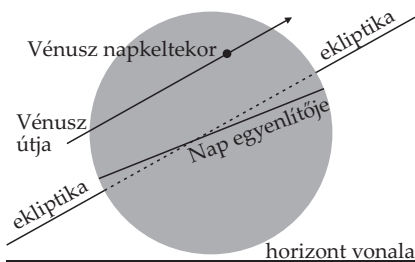
életünkben többször már nem ismétlődő jelenségről. Közeledve a napfoltmaximumhoz reménykedhetünk néhány nagyobb foltcsoportban. Ha eddig feketének láttuk a napfoltok umbráját, most meglepődhetünk, hogy a Vénusz sziluettje még sötétebb. Napkelte után a bolygó egyre gyorsulva fog közeledni a Nap pereméhez.

Kilépés: a megfigyelés leglényegesebb és leglátványosabb része. Sajnos az alacsony napállás miatt hullámzó napperemre számítunk, ami megnehezíti a pontos kontaktusmérést. A régiek által zavaróként feljegyzett fekete-csepp jelenséget 2004-ben szinte alig láttuk a mai modern, jó képalkotású távcsövekkel. Sokkal zavaróbb volt a legutóbb is megfigyelt „Lomonoszov-gyűrű”, amit a bolygó légköre okozott. Ez a két jelenség eléggé megnehezítheti a pontos időmérést, amikor a két

égitest pereme érintkezik. A fekete korong körüli világos gyűrű nem feltétlenül lesz egyforma fényességű, lehet, hogy csak némely része látszik majd. Ma már az időmérésnek nincs szerepe a naptávolság meghatározásában, de a kontaktus-időpontokat feltétlenül jegyezzük fel.

Bemutatók: mivel nyári időszámítás szerint a jelenségnek reggel 7 óra vége is van, csekély lesz a lehetőség a 2004-eshez hasonló nagy országos kampányra. Akkor iskolák tucatjaiban folytak bemutatások, de a korán kelőket talán sikerül kicsalogatni a bemutatókra.

További irodalom: a 2004-es Vénusz-átvonulás kapcsán nagyon sok irodalom látott napvilágot. Érdekes ezeket fellapozni. A Hegyháti Csillagvizsgáló Alapítvány külön könyvet jelentetett meg *Fekete Vénusz* címmel. A 2004-es Meteor csillagászati évkönyv több cikkel jelentkezett, illetve a Meteor 2004-es számaiban is több előrejelzés, illetve észlelési feldolgozás jelent meg.



Vénusz-átvonulás Magyarországon 2012. június 6-án

helység	hossz.		szél		mag. m	Nap- kelte		kilépés kezdete			kilépés vége			Alt °		
	°	'	°	'		h	m	UT h m s	PA °	h	m	s	PA °			
Budapest	19	5	47	35	115	2	48	4	37	35	291	4	55	14	289	18
Debrecen	21	35	47	35	121	2	37	4	37	33	291	4	55	12	289	20
Győr	17	35	47	45	118	2	52	4	37	35	291	4	55	15	289	18
Kaposvár	17	45	46	25	141	2	58	4	37	39	291	4	55	19	289	17
Kecskemét	19	45	46	55	122	2	47	4	37	36	291	4	55	16	289	19
Miskolc	20	45	48	5	130	2	38	4	37	32	291	4	55	11	289	20

helység	hossz. ° ' "	szél ° ' "	mag. m	Nap- kelte h m	kilépés kezdete UT h m s	PA °	kilépés vége UT h m s	PA °	Alt °
Nyíregyháza	21 45	47 55	115	2 37	4 37 31	291	4 55 10	289	20
Paks	18 55	46 35	103	2 52	4 37 38	291	4 55 17	289	18
Pécs	18 15	46 5	160	2 57	4 37 40	291	4 55 20	289	18
Salgótarján	19 45	48 5	255	2 42	4 37 32	291	4 55 12	289	19
Sopron	16 35	47 45	212	2 57	4 37 35	291	4 55 16	289	17
Szeged	20 5	46 15	84	2 48	4 37 38	291	4 55 17	289	19
Székesfehérvár	18 25	47 15	111	2 51	4 37 36	291	4 55 16	289	18
Szekszárd	18 45	46 25	110	2 54	4 37 38	291	4 55 18	289	18
Szombathely	16 35	47 15	216	2 59	4 37 37	291	4 55 17	289	17
Tatabánya	17 55	47 35	170	2 50	4 37 35	291	4 55 15	289	18
Veszprém	17 55	47 5	260	2 54	4 37 37	291	4 55 17	289	18
Zalaegerszeg	16 55	46 55	156	2 59	4 37 38	291	4 55 18	289	17

A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT h m s	J	Csillag ZC/SAO név	m	Hold fázis	h	Pozíció CA PA	Korrekció A B
6 1	19 26 46	be	2018	6,6	90 +	26	73 É 88	+1,7 +0,4
6 10	0 59 3	ki	3259	7,4	64 –	25	59 D 217	+0,9 +2,1

Évforduló

100 éve született Carl Friedrich von Weizsäcker

Carl Friedrich von Weizsäcker (1912. június 28. – 2007. április 28.), német fizikus és filozófus művelt és befolyásos, az élet legkülönbözőbb területein jelentős személyiségeket adó család tagja (apja diplomata, öccse 1984–1994 között Németország szövetségi elnöke volt, fia is fizikus). Kielben született, Stuttgartban, majd Baselben és Koppenhágában nőtt fel. Fizikát, matematikát és csillagászatot 1929–1933 között hallgatott Berlinben, Göttingenben és Lipcsében, olyan tanároktól, mint Bohr és Heisenberg. Heisenberg asszisztenseként kezd dolgozni Lipcsében, majd 1936-ban a Vilmos Császár Fizikai Intézetbe kerül, de 1937-ben már a Berlini Egyetemen tanít. Ekkoriban fordul érdeklődése a magfizika csillagászati alkalmazásai felé. Ő tárta fel, hogy hogyan működhet a szénatommag katalizátor-ként – sorozatosan elnyelve egy-egy protont, és végül egy héliummagot kibocsátva, mindent a folyamatot rengetegszer ugyanígy ismételve. Számos cikket jelentetett meg 1938–39-ben a csillagok belsejében folyó atommag-átalakulásokról.

1942-ben Weizsäcker az elméleti fizika docente a Strasbourgi Egyetemen. Kidolgozza a Kant–Laplace-féle ködelmélet egy realizistikusabb változatát a Naprendszer keletkezésére. Amellett érvelt, hogy a kezdeti porfelhő a belső turbulencia miatt kisebb örvény-elemekre esett szét. Ezek nagyobb távolságban fokozatosan egyre na-

gyobb rendszerekké álltak össze. Az örvény-csoportok közötti határokon voltak a bolygók létrejöttére alkalmas viszonyok, lévén folyamatosan gyűjthettek anyagot a szomszédos anyaggyűrűkből, egyre nagyobbá növekedve. Elmélete megmagyarázta a Nap alacsony impulzusmomentumát, és fizikai magyarázatot adott a Titus–Bode-szabályra is. Habár nem tudott minden kérdésre adekvát választ adni, mégis egy új, friss gondolatáram volt a régi elmélet mellett, és ennek megfelelően számottevő érdeklődést vívott ki a tudományos körökben. Az ő elméletét vitte tovább később Alf- és Hoyle.



1944-ben visszatért a Vilmos Császár Fizikai Intézetbe, ahol az urán bomlása során bekövetkező nukleáris reakciókat kezdi tanulmányozni, és az önfenntartó reaktor megalkotásán dolgozik. 1945 áprilisában a szövetséges erők foglyul ejtik, és 8 hónapra Angliába internálják

1945 végén visszatérhetett Németországba, és a göttingeni Max Planck Fizikai Intézethez csatlakozva 1957-ig ott dolgozott. Ezután vállalt professzori állást a Hamburgi Egyetemen. Ez a döntése azt is jelentette, hogy több időt akar a gondolkodásra és írásra fordítani, mint korábban – és más témákban is, például a vallástudomány és a filozófia terén. Az 1960-as években már békeharcosként a nukleáris leszerelésért agitáló szónok. 1970-ben elfogadja a Max Planck Intézet egyik részlegének igazgatói székét. Innen megy nyugdíjba 68 éves korában.

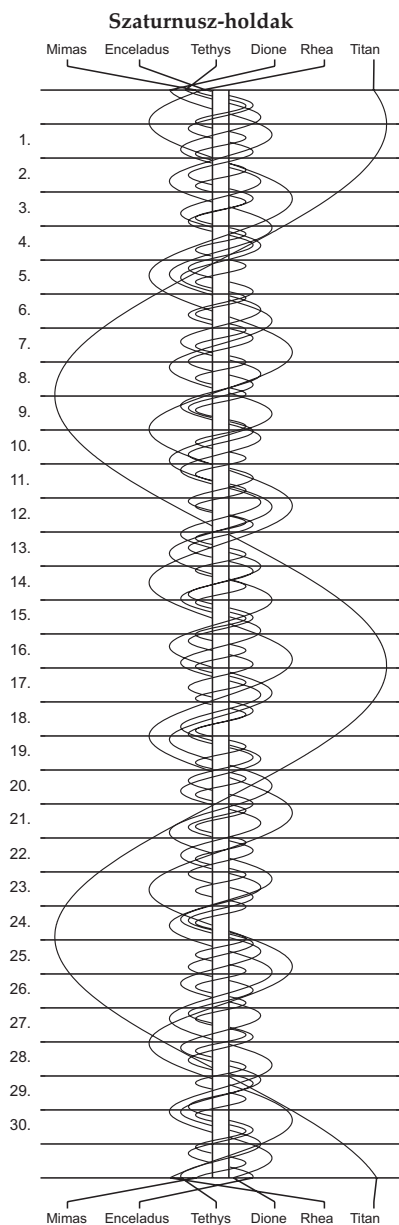
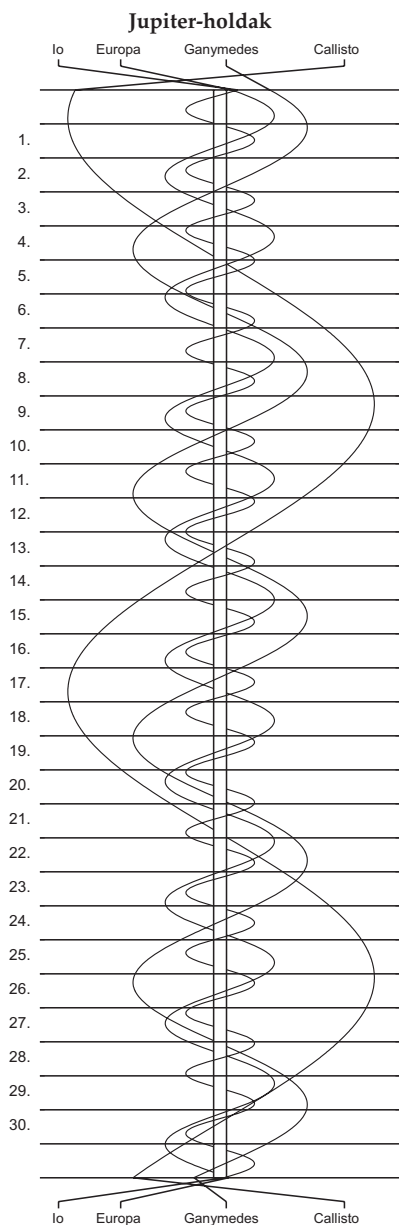
Számos díjat kapott, közte Max Planck-érmet (1957 és 1966), Erasmus-díjat (1961) és Templeton-díjat. Sok egyetem díszdoktora lett, és akadémiák, tudományos társaságok választották soraikba.

Emlékezet: egy kisbolygó (13531 Weizsäcker: 1991. szeptember 13-án felfedezett főv-beli kisbolygó) az ő nevét viseli. Az általa leírt magfúziós folyamat neve Bethe–Weizsäcker-folyamat, továbbá a félempirikus tömegformulát is gyakran Weizsäcker-formulaként, vagy Bethe–Weizsäcker-formulaként idézik.

Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
30	1:15,5 2: 4,0	Europa Europa	ek áv

á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt
k = a jelenség kezdete
v = a jelenség vége



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – július**

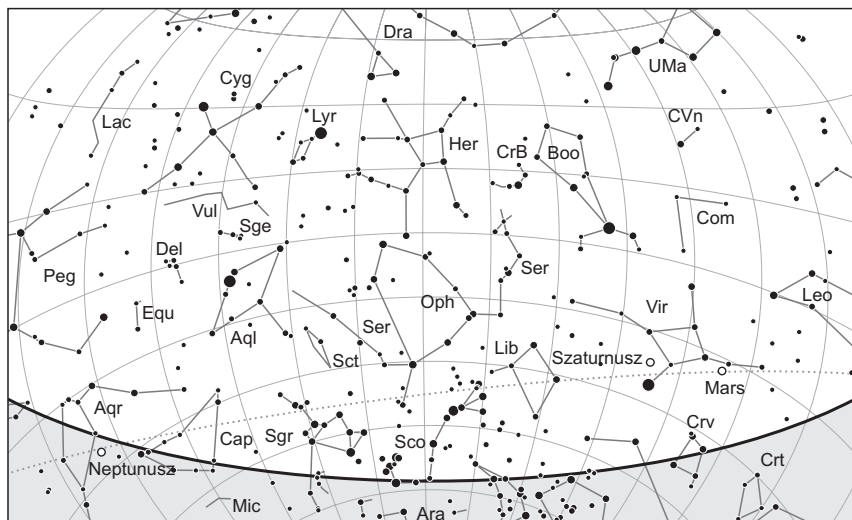
KÖZEI

Dátum	Nap			h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m			kel h m	delel h m	nyugszik h m	
1. v 183. 27. hét	3 50	11 48	19 45	65,6	-3,8	17 25	21 53	1 24	
2. h 184.	3 51	11 48	19 44	65,5	-4,0	18 27	22 56	2 21	
3. k 185.	3 51	11 48	19 44	65,4	-4,2	19 18	23 56	3 27	○ 19 52
4. sz 186.	3 52	11 48	19 44	65,3	-4,4	20 00	–	4 40	
5. cs 187.	3 53	11 48	19 43	65,2	-4,6	20 34	0 54	5 55	
6. p 188.	3 54	11 48	19 43	65,1	-4,8	21 03	1 47	7 09	
7. sz 189.	3 54	11 49	19 42	65,0	-4,9	21 28	2 37	8 21	
8. v 190. 28. hét	3 55	11 49	19 42	64,9	-5,1	21 52	3 24	9 30	
9. h 191.	3 56	11 49	19 41	64,8	-5,2	22 15	4 09	10 36	
10. k 192.	3 57	11 49	19 41	64,7	-5,4	22 39	4 53	11 41	
11. sz 193.	3 58	11 49	19 40	64,5	-5,5	23 04	5 36	12 44	● 2 48
12. cs 194.	3 59	11 49	19 39	64,4	-5,6	23 33	6 20	13 47	
13. p 195.	4 00	11 49	19 39	64,2	-5,8	–	7 06	14 47	
14. sz 196.	4 01	11 50	19 38	64,1	-5,9	0 07	7 53	15 45	
15. v 197. 29. hét	4 02	11 50	19 37	63,9	-6,0	0 46	8 41	16 39	
16. h 198.	4 03	11 50	19 36	63,8	-6,1	1 32	9 31	17 28	
17. k 199.	4 04	11 50	19 35	63,6	-6,2	2 25	10 21	18 11	
18. sz 200.	4 05	11 50	19 34	63,4	-6,2	3 24	11 10	18 48	
19. cs 201.	4 06	11 50	19 33	63,2	-6,3	4 28	12 00	19 21	● 5 24
20. p 202.	4 07	11 50	19 32	63,0	-6,4	5 35	12 48	19 50	
21. sz 203.	4 08	11 50	19 31	62,9	-6,4	6 44	13 36	20 16	
22. v 204. 30. hét	4 09	11 50	19 30	62,6	-6,5	7 54	14 23	20 41	
23. h 205.	4 11	11 50	19 29	62,4	-6,5	9 05	15 11	21 07	
24. k 206.	4 12	11 50	19 28	62,2	-6,5	10 18	16 00	21 33	
25. sz 207.	4 13	11 50	19 27	62,0	-6,5	11 32	16 52	22 03	
26. cs 208.	4 14	11 50	19 26	61,8	-6,5	12 46	17 46	22 38	● 9 56
27. p 209.	4 15	11 50	19 24	61,6	-6,5	14 00	18 42	23 20	
28. sz 210.	4 17	11 50	19 23	61,3	-6,5	15 10	19 41	–	
29. v 211. 31. hét	4 18	11 50	19 22	61,1	-6,5	16 14	20 42	0 10	
30. h 212.	4 19	11 50	19 20	60,9	-6,4	17 09	21 42	1 10	
31. k 213.	4 20	11 50	19 19	60,6	-6,4	17 54	22 40	2 19	

A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát kell adni.

július

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 456 110	18 37 47	Tihamér, Annamária, Áron, Előd, Gyula, Olivér
2.	2 456 111	18 41 44	Ottó, Jenő, Mária
3.	2 456 112	18 45 41	Kornél, Soma, Bernát, Napsugár, Tamás
4.	2 456 113	18 49 37	Ulrik, Berta, Betti, Illés, Izabella, Rajmund, Ramón
5.	2 456 114	18 53 34	Emese, Sarolta, Antal, Vilmos
6.	2 456 115	18 57 30	Csaba, Dominika, Mária, Tamás
7.	2 456 116	19 01 27	Apollónia, Apolka, Donát
8.	2 456 117	19 05 23	Ellák, Eszter, Izabella, Jenő, Liza, Terézia, Zsóka
9.	2 456 118	19 09 20	Lukrécia, Koppány, Margit, Vera, Veronika
10.	2 456 119	19 13 16	Amália, Alma
11.	2 456 120	19 17 13	Nóra, Lili, Eleonóra, Helga, Lilla, Nelli, Olga, Olivér
12.	2 456 121	19 21 10	Izabella, Dalma, Eleonóra, Ernő, János, Leonóra, Nóra
13.	2 456 122	19 25 06	Jenő, Ernő, Henrietta, Henrik, Jakab, Sára, Sarolta
14.	2 456 123	19 29 03	Örs, Stella, Esztella, Ferenc, Zalán
15.	2 456 124	19 32 59	Henrik, Roland, Leonóra, Loránd, Lóránt, Stella
16.	2 456 125	19 36 56	Valter, Aténé, Kármén, Mária
17.	2 456 126	19 40 52	Endre, Elek, Magda, Magdolna, Róbert, Szabolcs
18.	2 456 127	19 44 49	Frigyes, Arnold, Hedvig, Kamilla, Milán
19.	2 456 128	19 48 45	Emília, Alfréd, Ambrus, Aranka, Aurélia, Stella, Vince
20.	2 456 129	19 52 42	Illés, Margaréta, Margit, Marina
21.	2 456 130	19 56 39	Dániel, Daniella, Angéla, Angelina, Júlia, Lőrinc
22.	2 456 131	20 00 35	Magdolna, Léna, Lenke, Magda, Magdaléna, Mária
23.	2 456 132	20 04 32	Lenke, Brigitta
24.	2 456 133	20 08 28	Kinga, Kincső, Bernát, Csenge, Kriszta, Krisztina, Lujza
25.	2 456 134	20 12 25	Kristóf, Jakab, Krisztofer, Valentin, Valentina, Zsaklin
26.	2 456 135	20 16 21	Anna, Anikó, Anett, Anilla, Anita, Panna
27.	2 456 136	20 20 18	Olga, Liliána, György, Kamilla, Krisztián, Natália
28.	2 456 137	20 24 14	Szabolcs, Botond, Győző, Szeréna, Viktor
29.	2 456 138	20 28 11	Márta, Flóra, Bea, Beatrix, Virág
30.	2 456 139	20 32 08	Judit, Xénia, Julietta
31.	2 456 140	20 36 04	Oszkár, Elena, Eleni, Helén, Heléna, Ignác, Ilona, Léna



A déli égbolt július 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Bolygók

Merkúr: A hónap első harmadában még megfigyelhető napnyugta után a nyugati látóhatár felett. 1-jén van legnagyobb keleti kitérésben, $25,7^\circ$ -ra a Naptól. Ekkor még 1 és negyed órával nyugszik a Nap után, de 10-e után láthatósága gyorsan romlik. 28-án már alsó együttállásba kerül a Nappal.

Vénusz: A hajnali keleti égen kereshető mint fényes égitest. Láthatósága fokozatosan javul, a hónap elején még másfél, a végén már több mint három órával kel a Nap előtt. Fényessége előbb nő, 10-én éri el a $-4,5^m$ -t, ekkor a nappali égen is kereshető. A hónap végén már kissé halványabb, $-4,4^m$. Átmérője rohamosan csökken $44,6''$ -ról $28,4''$ -re, fázisa $0,17$ -ről $0,41$ -re nő.

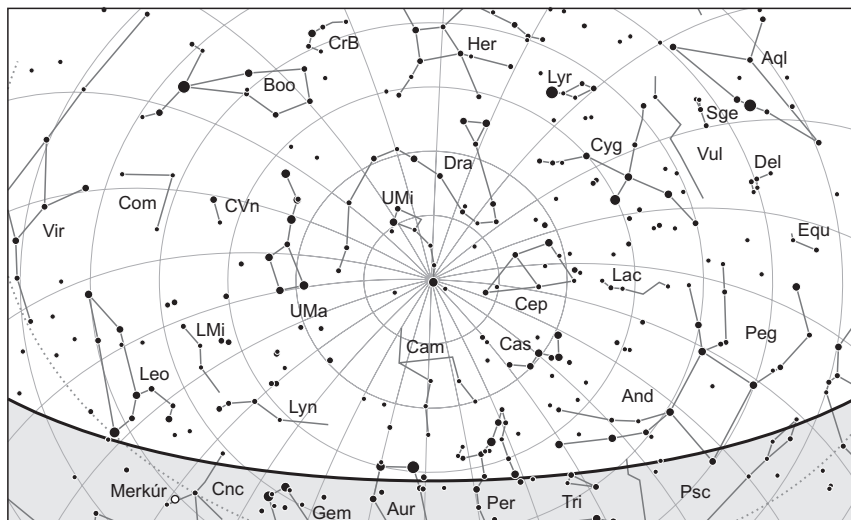
Mars: Előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfél előtt nyugszik, az éjszaka első felében figyelhető meg a délnyugati égen. Fényessége $0,9^m$ -ról $1,1^m$ -ra, átmérője $6,6''$ -ról $5,8''$ -re csökken.

Jupiter: Előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. Kora hajnalban kel, a hajnali égen látható mint a keleti-délkeleti ég feltűnő égiteste. Fényessége $-2,1^m$, átmérője $35''$.

Szaturnusz: Előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Az éjszaka első felében látható, éjfél előtt nyugszik. Fényessége $0,7^m$, átmérője $17''$.

Uránusz: Éjfél előtt kel, az éjszaka második felében látható. 13-án előretartó mozgása hátrálóvá válik a Cet csillagképben.

Neptunusz: A késő esti órákban kel. Az éjszaka nagy részében látható a Vízöntő csillagképben.



Az északi égbolt július 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Eseménynaptár (UT)

Dátum Időpont Esemény

- | | | |
|--------|-------|--|
| 07.01. | 1:57 | A Merkúr bolygó legnagyobb keleti elongációja (25,7°-os elongáció, 0,6 ^m látszó fényesség, 8,1" átmérő, 41% fázis, Cancer csillagkép) |
| 07.01. | 2:11 | A Vénusz bolygótól 4,8°-kal északnyugatra a Jupiter bolygó |
| 07.01. | 8:34 | A Hold minimális librációja (l = -0,26°, b = -0,23°) |
| 07.01. | 18:12 | A Hold földközelségben (földtávolság: 362 385 km, látszó átmérő: 32'58", 94,2%-os, növekvő holdfázis) |
| 07.01. | 21:49 | A Hold eléri legkisebb deklinációját -22,6°-nál (95,0%-os, növekvő holdfázis) |
| 07.03. | 18:52 | Telehold (a Hold a Sagittarius csillagképben) |
| 07.04. | 21:12 | A (6) Hebe kisbolygó (11,4 ^m) az NGC 3596 galaxistól (11,3 ^m) 3,9'-re délnyugatra |
| 07.05. | 3:32 | A Föld naptávolban (1,016675 csillagászati egységre) |
| 07.06. | 0:42 | A Hold mögül kilép a 8 Aquarii (6,6 ^m , 93,2%-os, csökkenő holdfázis) |
| 07.06. | 16:20 | A (20) Massalia kisbolygó oppozícióban (9,9 ^m , Sagittarius csillagkép) |
| 07.07. | 11:39 | A Hold déli librációja (b = -6,70°, l = 6,54°) |
| 07.07. | 15:24 | A Hold maximális librációja (l = 6,55°, b = -6,69°) |
| 07.07. | 18:39 | A Hold keleti librációja (l = 6,55°, b = -6,68°) |
| 07.07. | 21:44 | A Hold mögül kilép a κ Aquarii (Situla, 3,7 ^m , 79,7%-os, csökkenő holdfázis) |
| 07.08. | 22:48 | A Hold mögül kilép a 9 Piscium (6,3 ^m , 70,4%-os, csökkenő holdfázis) |

Dátum Időpont Esemény

07.09.	1:24	A reggeli szürkületben a Vénusz bolygó az α Tau-tól (Aldebaran, 0,9 ^m) 55,0'-re északra
07.10.	1:25	A reggeli szürkületben a Jupiter bolygó az ω^2 Tau-tól (4,9 ^m) 5'24"-re délnyugatra
07.10.	20:13	Az esti szürkületben a (6) Hebe kisbolygó (11,4 ^m) az NGC 3628 galaxis-tól (9,5 ^m) 33,0'-re északkeletre
07.10.	20:16	A Vénusz bolygó eléri legnagyobb látszó fényességét, -4,5 magnitúdót (a bolygó látszó átmérője 38,2", fázisa 25,5%)
07.11.	1:48	Utolsó negyed (a Hold a Pisces csillagképben)
07.13.	1:29	A reggeli szürkületben a Jupiter bolygó az 53 Tau-tól (5,5 ^m) 29'36"-re délre
07.13.	1:29	A reggeli szürkületben az (1) Ceres törpebolygó (9,1 ^m) a 64 Tau-tól 4'41"-re nyugatra
07.13.	16:51	A Hold földtávolban (földtávolság: 404 743 km, látszó átmérő: 29'31", 26,0%-os, csökkenő holdfázis)
07.14.	15:17	A Hold minimális librációja ($l = -0,27^\circ$, $b = -0,27^\circ$)
07.14.	20:08	Az esti szürkületben a (44) Nysa kisbolygó (10,5 ^m) az NGC 6440 gömbhalmaztól (9,3 ^m) 13,1'-re északra
07.14.	22:08	A (19) Fortuna kisbolygó oppozícióban (9,9 ^m látszó fényesség, Sagittarius csillagkép)
07.15.	0:28	A Hold mögül kilép az ω^2 Tauri (4,9 ^m , 15,9%-os, csökkenő holdfázis)
07.15.	1:30	A Hold elfedi a Jupiter bolygót és 4 Galilei holdját 15,6%-os, csökkenő holdfázisnál, kilépés 02:20 UT-kor
07.15.	1:32	A hajnali szürkületben a Hold, a Vénusz és Jupiter bolygó, valamint a Fiastyúk és az Aldebaran látványos együttállása
07.15.	1:39	A Vénusz bolygótól 83,9' északra az NGC 1647 nyílthalmaz (6,4 ^m)
07.15.	2:24	A hajnali szürkületben a 15,3%-os, csökkenő fázisú Holdtól 6,4°-kal délkeletre a Vénusz bolygó
07.16.	2:25	A hajnali szürkületben a 9,1%-os, csökkenő fázisú Holdtól 6,8°-kal délnyugatra a Vénusz bolygó
07.16.	7:43	A Hold eléri legnagyobb deklinációját 21,2°-nál (7,9%-os, csökkenő holdfázis)
07.19.	4:24	Újhold (a Hold a Gemini csillagképben)
07.20.	20:00	Az esti szürkületben a (134340) Pluto törpebolygó (14,0 ^m) az M 25 nyílthalmaztól (4,6 ^m) 18,1'-re délre
07.20.	23:21	A Hold nyugati librációja ($l = -5,15^\circ$, $b = 6,48^\circ$)
07.21.	9:16	A (67) Asia kisbolygó oppozícióban (9,6 ^m látszó fényesség, Aquila csillagkép)
07.21.	15:22	A Hold maximális librációja ($l = -5,10^\circ$, $b = 6,63^\circ$)
07.21.	23:06	A Hold északi librációja ($b = 6,65^\circ$, $l = -5,04^\circ$)
07.22.	20:25	A (8) Flora kisbolygó (11,4 ^m) az NGC 4536 galaxistól (10,6 ^m) 3,0'-re délnyugatra
07.23.	1:45	A reggeli szürkületben a Vénusz bolygó a 104 Tau-tól (4,9 ^m) 18'15"-re délre
07.23.	1:45	A reggeli szürkületben a (85) Io kisbolygó (11,6 ^m) a 72 Psc-től 5'33"-cel északnyugatra

Dátum Időpont Esemény

07.24.	19:54	Az esti szürkületben a Hold, a Mars és a Szaturnusz bolygók valamint a Spica látványos együttállása (égi négyszöget alkotnak)
07.24.	19:58	Az esti szürkületben a 32,9%-os, növekvő fázisú Holdtól 4,8°-kal északra a Mars bolygó
07.24.	21:26	A (11) Parthenope kisbolygó (9,8 ^m) az NGC 7600 galaxistól (11,9 ^m) 2,1'-re nyugatra
07.25.	19:04	Az esti szürkületben a 43,4%-os, növekvő fázisú Holdtól 6,8°-kal északra a Szaturnusz bolygó (a Hold és a Szaturnusz között a Spica található)
07.26.	8:56	Első negyed (a Hold a Virgo csillagképben)
07.28.	1:53	A reggeli szürkületben az (1) Ceres törpebolygó (9,1 ^m) az NGC 1647 nyílthalmaztól (6,4 ^m) 35,3'-re délre
07.28.	13:10	A Hold minimális librációja ($l = -0,29^\circ$, $b = -0,19^\circ$)
07.28.	21:04	A Merkúr bolygó alsó együttállásban a Nappal (a Naptól 5,0°-ra)
07.29.	8:38	A Hold földközélen (földtávolság: 367 346 km, látszó átmérő: 32'32", 81,9%-os, növekvő holdfázis)
07.29.	18:43	A Hold eléri legkisebb deklinációját $-22,5^\circ$ -nál (85,5%-os, növekvő holdfázis)
07.30.	0:00	A Déli Delta Aquaridák meteorraj elhúzódnó maximuma (radiáns 26° magasan, a lenyugvóban levő 87,3%-os, növekvő fázisú Hold a radiánstól 70°-ra)
07.31.	1:58	A hajnali szürkületben a Vénusz bolygótól a HIP 25965 (7,6 ^m) 2'16"-re északra

Üstökösök

96P/Machholz. A földsúroló égitestek fejlődésének utolsó fázisát, a Napba zuhanás előtti állapotot képviseli ez az üstökös, melyet napjaink egyik legsikeresebb vizuális üstökös vadásza, Donald Machholz fedezett fel 1986. május 12-én egy házi készítésű 29×130-as binokulárral. A 11 magnitúdós, diffúz égitestről csak hetekkel később derült ki, hogy rövid periódusú, öt és negyed éves keringési ideje pedig az egyik legrövidebb, amit akkor ismertek. A hosszú bizonytalanság oka az volt, hogy pályája rendkívül elnyúlt, pályahajlása pedig 60 fok. A rövid keringési idő és a nagy excentricitás párosítása pedig kicsi, esetünkben 0,124 CSE perihélium-távolságot jelent, ami a legkisebb az ismert rövid periódusú üstökösök között. Ez a távolság ráadásul folyamatosan csökken, a száz évvel ezelőtti 0,169 CSE-es érték száz év múlva 0,093 CSE-re apad. A tendencia ezután is folytatódik, így az üstökös csillagászati léptékkal mérve hamarosan a Napban végzi, bár valószínűleg az ötévente bekövetkező erős „sugarerhelés” hatására már korábban szétporlad.

A vizsgálatok szerint valójában a Jupiter-családba tartozó, néhány km átmérőjű földközeli kisbolygó, amelynek egyetlen aktív területe van. Az anyagkibocsátás csak kis naptávolságban indul be, akkor azonban rendkívül gyorsan növekszik az aktivitás, egészen 2–3 magnitúdóig emelve az összfényességet. Ilyenkor sajnos a kis naptávolság miatt a Föld felszínéről nem lehet megfigyelni, ám a napkutató szondák 1996 óta min-

den alkalommal észlelik, ahogy a szép porcsóvát növesztő üstökös megkerüli a Napot. Mindezekből kitűnik, hogy az üstökös vizuális megfigyelése nem egyszerű feladat, ám az idén lesz rá nagyjából három hetünk.

A különleges üstökös dél felől közelíti meg a Napot, július 14-én éri el napközeli pontját, majd tovább emelkedik észak felé. Tíz nappal később 22 fokra, a hónap utolsó napján pedig már 35 fokra látszik csillagunktól, deklinációja is magasabb, és földtávol-sága is 0,894 CSE-re csökkent. Minden egybevetve igen jó esélyünk van arra, hogy a hónap utolsó hetében megpillantsuk a várhatóan 8-9 magnitúdós üstökösöt, amely azonban jelentős ütemben, napi 0,3 magnitúdót halványodik. Július 25-e után nagyon lendületesen halad az égen, naponta majd három fokot tesz meg a Leo és a Leo Minor csillagképekben. Az esti égen látszó vándor a csillagászati szürkület kezdetén 12-15 fok magasan lesz látható.

96P/Machholz

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	Δ (CSE)	r (CSE)	E (°)	m_v (m)
07.21.	09 00 59	+30 29 47	1,003	0,291	17	6,3
07.26.	10 07 30	+30 13 28	0,924	0,448	26	8,3
07.31.	11 09 38	+27 03 03	0,895	0,587	35	9,7
08.05.	12 03 38	+22 10 14	0,908	0,714	43	10,7
08.10.	12 48 07	+16 43 24	0,956	0,831	50	11,6
08.15.	13 24 01	+11 30 07	1,031	0,940	55	12,4
08.20.	13 53 06	+06 52 19	1,125	1,044	58	13,2

185P/Petrew. Az amatőr csillagászok vizuális felfedezési általában hosszú periódusú üstökösök, így ritka véletlen, hogy ebben az évben két olyan rövid periódusú üstökös is megfigyelhetünk, melyeket vizuálisan fedeztek fel. A Machholz-üstökös mellett a 2001-ben véletlenül megtalált Petrew-üstökös is visszatér, melynek pályaelemei nagyon hasonlítanak a 103P/Hartley 2-üstökös pályaelemeire, így régebben minden bizonnyal egy égitestet alkottak. A földközeli égitestek csoportjába tarozó vándort Vance Petrew fedezte fel egy 51 cm-es Dobson-távcsővel 2001. augusztus 18-án egy kanadai „star party”-n, miközben a Rák-ködöt kereste. Az akkor 10 magnitúdóig fényesedő égitest keringési ideje 5,5 év, így a kedvezőtlen 2007-es visszatérés után ismét remek helyzetben láthatjuk a hajnali égen. Az augusztus 13-i napközelsége felé tartó vándor gyors, keleti irányú mozgást végez az Aries, majd a Taurus csillagképben, fényessége a kezdeti 13 magnitúdóról a hó végére 11 magnitúdóra emelkedik. 2-án hajnalban 1 fokkal északra látható az α Arietistől, 19-én hajnalban pedig 2,5 fokkal északra halad el a Fiastyúktól (M45).

185P/Petrew

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	Δ (CSE)	r (CSE)	E (°)	m_v (m)
07.01.	02 02 47	+24 13 34	1,132	1,126	63	12,9
07.06.	02 30 22	+25 24 41	1,113	1,089	61	12,5
07.11.	02 58 56	+26 16 40	1,102	1,054	60	12,1
07.16.	03 28 06	+26 47 14	1,098	1,022	58	11,7

Dátum	RA (h m s)	D (°, ', ")	Δ (CSE)	r (CSE)	E (°)	m_v (m)
07.21.	03 57 27	+26 55 14	1,100	0,995	56	11,5
07.26.	04 26 35	+26 40 49	1,109	0,972	54	11,2
07.31.	04 55 04	+26 05 22	1,123	0,953	53	11,1
08.05.	05 22 38	+25 11 11	1,142	0,941	51	10,9
08.10.	05 49 02	+24 01 11	1,166	0,933	50	10,9
08.15.	06 14 08	+22 38 27	1,194	0,932	49	10,9
08.20.	06 37 51	+21 06 03	1,224	0,937	48	11,0
08.25.	07 00 10	+19 26 45	1,256	0,947	48	11,2
08.30.	07 21 08	+17 42 58	1,289	0,963	48	11,4
09.04.	07 40 48	+15 56 40	1,323	0,984	48	11,7
09.09.	07 59 13	+14 09 26	1,356	1,010	48	12,1
09.14.	08 16 30	+12 22 29	1,389	1,040	48	12,4
09.19.	08 32 40	+10 36 48	1,421	1,074	49	12,8
09.24.	08 47 49	+08 53 04	1,450	1,110	50	13,2

C/2006 S3 (LONEOS). Lassú halványodásnak indul, így fényessége már csak 12,5-13 magnitúdó között várható. Unalmas csillagkörnyezetben, a Libra csillagképben tart nyugat felé, de a hónap első hajnalán még a 4,2 magnitúdós ξ Scorpiitól háromnegyed fokkal délre kell keresni.

C/2011 F1 (LINEAR). A 12 és 11,5 magnitúdó között fényesedő üstökös dél felé mozog az esti égen, a Canes Venatici és a Bootes csillagképek határán. A jövő januári napközelsége felé tartó vándor nap- és földtávolsága is 2,7-2,8 CSE körül alakul. 9-én este fél fokkal keletre lesz látható a 14 magnitúdós NGC 5410 jelű galaxistól, 14-én este pedig 40 ívperce keletre kell keresnünk a 13 magnitúdós NGC 5406-tól.

Július 15-én hajnalban a Hold elfedi a Jupitert

A Hold bolygófedései sokkal ritkábbak, mint a csillagfedések, de látványosabbak is. Legutóbb 2008 decemberében takarta el a Hold a Vénuszt. 2012. július 15-én egy újabb igen látványos, vélhetően kedvező körülmények közt megfigyelhető fedésre kerül sor. A Jupiter és négy Galilei-holdja kerül égi kísérőnk mögé a hajnali égbolton.

A jelenség végig a szürkületben zajlik, de ez nem zavarja a fényes bolygó és szintén fényes holdjainak észrevételét. Holdunk és a bolygó 15-17 fokkal lesz a horizont felett. Nagyon szép égeterületen láthatóak a résztvevők: a Hold és a Jupiter párosa a Bika fejének közelében, az Aldebarantól 5 fokkal ÉÉNy-ra lesz található, így a jelenség kezdete előtt – nagy látómezejű felvételeken – a két égitest szoros párosán kívül a Hyadok csillaghalmaz is megörökíthető lesz. Kicsit délebbre a Vénusz követi a Hold–Jupiter párost. Ugyanakkor a holdak elhelyezkedése is szerencsés: az Io és az Europa a bolygó nyugati oldalán, 1', illetve 2' távolságban, a Ganymedes és Callisto a keleti oldalon 3', illetve 5'-es távolságban látható. A jelenség kezdetekor a Nap 12 fokkal lesz a horizont alatt, tehát a navigációs szürkület kezdetén járunk majd.

Először az Europa kerül égi kísérőnk takarásába, méghozzá 01:25 UT körül (a keleti országrészben 2-3 perccel korábban, nyugaton néhány perccel később kerül rá sor).

Mivel kiterjedése van, az eltűnés során az Europa – és a többi hold – fokozatosan (nagyjából 1-1,5 másodperc alatt) fog eltűnni. Az 1" körüli kis holdkorongok felbontásához 20–25 cm-es távcső már elegendő.

Az Io lesz a következő 01:28 körül, majd 01:30-kor a bolygót is elfedi a Hold. A Jupiter jelentős kiterjedése miatt igen hosszú ideig, mintegy 39 másodpercig részleges fogyatkozásban lesz, közben igen látványos felvételek készítésére nyílik lehetőség.

A Ganymedes 5 perccel később követi, 01:33–01:37 UT között (a földrajzi helytől függően), fogyatkozása 1,5 másodpercig tart. A Callisto 01:40 körül kerül a Hold mögé.

Ezután – 02:13 körül – a HD 27639 jelű 5,9 magnitúdós csillagot is elfedi a Hold. Kettőscsillag lévén (társa 8,7 magnitúdós, szögtávolságuk 1,9") itt is fokozatos halványodást látunk majd.

A hosszú nyári szürkületben a Nap még mindig 6-7 fokkal a horizont alatt lesz a bolygó és a holdak előbukkanásának kezdetekor. Közel ötven percet töltenek el a Hold mögött, majd lassan előbukkannak. Az Europa 02:16-kor, az Io 02:19-kor tűnik fel, majd 02:22-kor a bolygó is megjelenik – a részleges fázis 42 másodpercig tart majd. A részlegesség hosszának be- és kilépéskor tapasztalható eltérése a bolygó lapultságára, illetve a holdperem eltérő pozíciószögére vezethető vissza. Amikor a Ganymedes és a Callisto 02:29-kor és 02:34-kor előbújik, a Nap már csak 3-5 fokkal lesz a horizont alatt. Épp ezért ne kis távcsővel, hanem legalább 15–20 cm-es műszerrel, nagy nagytávval, órággel kövessük végig a jelenséget, így az összes hold kilépését látjuk majd a nappali fényesség ellenére is. A Hold és a Jupiter égi párosa ekkorra már 28-30 fok magasságba emelkedik.

Hely	Jupiter belépése a Hold mögé						Jupiter kilépése a Hold mögül							
	UT			Nap	Hold	CA	PA	UT			Nap	Hold	CA	PA
	h	m	s	°	°	°	°	h	m	s	°	°	°	°
Budapest	1	30	27		15	-53N	43	2	20	1	-7	23	55N	295
Debrecen	1	29	29	-12	16	-56N	45	2	21	37	-5	25	58N	292
Győr	1	31	28		14	-51N	41	2	19	26	-8	22	52N	297
Kaposvár	1	28	26		13	-54N	44	2	18	18	-9	22	56N	294
Kecskemét	1	28	50		15	-55N	45	2	19	52	-7	23	57N	293
Miskolc	1	31	7	-11	16	-54N	43	2	21	38	-5	24	55N	295
Nyíregyháza	1	30	24	-11	17	-55N	44	2	22	5	-5	25	57N	293
Paks	1	28	33		14	-55N	44	2	19	8	-8	23	56N	293
Pécs	1	27	37		13	-55N	45	2	18	16	-8	22	57N	293
Salgótarján	1	31	29	-12	16	-53N	42	2	21	3	-6	24	54N	296
Sopron	1	31	58		13	-50N	39	2	18	51	-8	21	51N	299
Szeged	1	27	12		15	-57N	46	2	19	27	-7	24	59N	291
Székesfehérvár	1	30	1		14	-53N	43	2	19	24	-7	22	55N	295
Szekszárd	1	28	0		14	-55N	45	2	18	47	-8	22	57N	293
Szombathely	1	30	55		13	-51N	41	2	18	29	-8	21	52N	297
Tatabánya	1	31	5		14	-52N	41	2	19	28	-7	22	53N	297
Veszprém	1	30	1		14	-53N	42	2	19	2	-8	22	54N	296
Zalaegerszeg	1	29	57		13	-52N	42	2	18	16	-9	21	54N	296

Mons Bradley, Rima Bradley

A Mons Bradley a Hold legszebb és leghosszabb hegységében, a Montes Apenninusban található. A Montes Apenninus az 1300 kilométer átmérőjű Mare Imbrium délkeleti szélén húzódik. Hosszúsága 600 kilométer, magassága helyenként eléri az 5000 métert.



Ez a gigantikus hegység az imbriumi medencét létrehozó becsapódáskor keletkezett, valójában a becsapódási medence legkülső gyűrűjének legépebben megmaradt szakasza. A holdbéli Apenninek olyan feltűnő látvány, hogy akár már szabad szemmel is látható, de egy kisebb binokulár mindenki számára megmutatja. Ha kisebb, 5–6 cm-es refraktorral észlelünk, akkor Montes Apenninus kellős közepén egy szabályos kör alakú, nem túl nagy, de jól látható krátert találunk, a 22 kilométeres Conont. Ettől a krátertől közvetlenül nyugatra láthatjuk a Mons Bradleyt, egy nagyjából 30 km hosszú, lapos M-re hasonlító tömbjét a Montes Apenninusnak. A Bradley-hegy magassága eléri a 4200 métert. Közvetlenül a hegy nyugati lábánál hatalmas tömbök hevernek, amelyek kétségtávol a Bradleyről szakadtak le évmilliárdokkal ezelőtt. A Bradley-hegy-

től nyugatra egy érdekes, alacsonyabb hegyekkel, dombokkal tarkított területet találunk, amelyet egyszerűen csak Apenninek-padnak neveznek a geológusok. Az Apenninek-pad keleti felén, közel a Bradley-hegyről leszakadt tömbökhöz húzódik a Rima Bradley, ez a meglehetősen nehezen definiálható, 130 kilométer hosszú rianás. A Bradley-rianás a Montes Apenninusszal párhuzamosan fut, átvágva kisebb hegyeken és az északi végéhez közel, egy kisebb lávasíkságon is. Nem olyan drámai látvány, mint a kissé északabbra húzódó Hadley-rianás, de érdemes felkeresnünk.

A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
7 6	0	41	38	ki	3070 8 Aqr	6,6	93 – 30		46 D	203	+0,9	+1,5
7 7	21	44	12	ki	3320 κ Aqr	5,0	80 – 11		55 D	210	+0,4	+2,3
7 7	23	55	18	ki	3326	6,4	79 – 30		58 É	277	+1,6	+1,0
7 8	0	48	44	ki	146252	7,2	79 – 35		78 É	256	+1,6	+1,1
7 8	22	48	0	ki	3455 9 Psc	6,3	70 – 18		24 É	311	+1,2	+0,3
7 9	23	48	36	ki	29	7,0	60 – 25		32 É	304	+1,4	+0,5

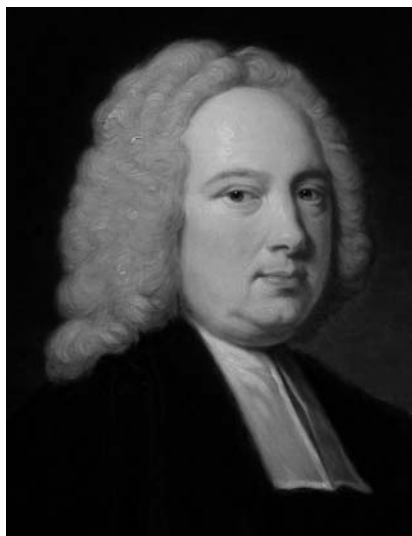
Dátum	UT	J	Csillag	Hold	Pozíció	Korrektció
hó nap	h m s		ZC/SAO név m	fázis h	CA PA	A B
7 13	1 37 2	ki	93039	8,0	31 – 29	69 D 232 +0,2 +2,2
7 14	0 19 22	ki	497	6,5	23 – 10	43 D 209 –0,6 +2,4
7 14	0 52 27	ki	93442	8,5	23 – 15	63 D 229 –0,3 +2,1
7 15	0 28 15	ki	628 ω^2 Tau	4,9	16 – 5	43 É 306 +0,0 +0,6
7 30	23 21 1	be	2708	5,9	94 + 13	72 D 108 +1,4 –1,5
7 31	22 43 20	be	2865	5,7	98 + 23	20 É 21 +0,7 +1,2

Évforduló

250 éve hunyt el James Bradley

James Bradley (1693. március – 1762. július 13.) angol királyi csillagász Sherborne-ban született, majd 1711-ben az orfordi Balliol College-ba került, ahol fokozatait 1714-ben, majd 1717-ben szerezte meg. Első észleléseit az Essexi Wanstead parókián végezte, nagybátyja, James Pound, képzett csillagász felügyelete alatt. A Királyi Csillagászati Társaság tagjává 1718 novemberében választják meg. A következő évben Bridstow plébánosa lesz, majd egy másik kényelmes egyházi állást szerez neki barátja, Samuel Molyneux, aki parlamenti képviselő és amatőr csillagász volt. Végül 1721-ben felhagy az egyházi pályával, és a csillagászat professzori székébe kerül Oxfordba. 1722-ben egy nagy „légteleszkóppal” (tubus nélküli, körülbelül 65 m hosszú fókuszú objektívvel) megméri a Vénusz átmérőjét.

Az aberráció felfedezése (amely nevét világhírűvé tette) a γ Draconis parallaxisának kimérése során történt. A csillag távolságából következő parallaktikus látszó pozícióváltozás helyett egy nem várt, más jellegű változást talált, amelynek az északi szélső helyzete június helyett szeptemberben, déli szélső értéke december helyett márciusban volt. Elmélete szerint a Föld keringése során változó mozgásiránynak a csillagról jövő fény irányával és sebességével történő kombinálódásának eredménye a csillag észlelt látszólagos irányváltozása. Ehhez a modellhez illeszkedtek a megfigyelési adatok, és mindebből meg tudta becsülni a fény sebességét. Magát a tényleges parallaxist a rendelkezésére álló műszerek tökéletlensége miatt nem tudta kimutatni – ami azt jelentette, hogy a csillag(ok) az akkoriban elképzelnél sokkal nagyobb távolságban van(nak).



Az aberráció felfedezésének publikálása után folytatta észleléseit, és kimutatta a Föld forgástengelyének nutációját is, de ezt nyomtatásban csak 1748-ben tette közzé, miután a Hold csomóvonal-vándorlásának teljes periódusán (18,6 év) keresztül folytattott 1 perces pontosságú mérésekkel ennek valódiságáról meggyőződött.

1742-ben Edmund Halleyt követte a Királyi Csillagász tisztségében. Megbecsültségét arra is felhasználta, hogy új csillagászati eszközök beszerzésére 1000 font értékű támogatást szerezzen. A John Birdtől megrendelt, és 1750-re elkészült csaknem 2,5 méteres kvadránssal 10 évnyi felbecsülhetetlen értékű mérési anyagot halmozott fel Greenwich-ben. Jutalmul évi 250 font nyugdíjat ajánlottak fel neki 1752-ben. Végül 9 év múlva vonult vissza szülőföldjére, de megromlott egészséggel, és hamarosan meghalt. Észleléseinek kinyomtatása sokáig húzódott a szerzői jogi viták miatt, végül Oxfordban jelent meg két kiadásban (1798 és 1805).

Emlékezet: Bradleyről egy hegytömböt neveztek el a holdi Apenninek régiójában (az Esők Tengere keleti pereménél). A Mons Bradley legmagasabb pontja 4100 m (koordinátája: 22° É, 1° K), maximális kiterjedése körülbelül 30 km. Szintén az ő nevét viseli az ettől a csúcstól nyugatra kanyargó rianás (Rima Bradley), és a 2634 James Bradley (1982DL, főöbveli kisbolygó) is.

Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
1	1:17,6	Io	fk
2	0:46,3	Io	áv
	1:34,4	Io	ev
5	0:31,2	Ganymedes	fk
9	0:30,6	Io	ák
	1:24,1	Io	ek
16	0:42,3	Ganymedes	ev
	2:24,5	Io	ák
18	0: 2,9	Io	ev
23	0:37,3	Ganymedes	áv
	2:18,0	Europa	fk
24	1:29,3	Io	fk
	23:51,7	Io	ek
25	0:56,0	Io	áv
	1:28,8	Europa	ev
	2: 1,3	Io	ev
31	23:27,7	Europa	ák

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

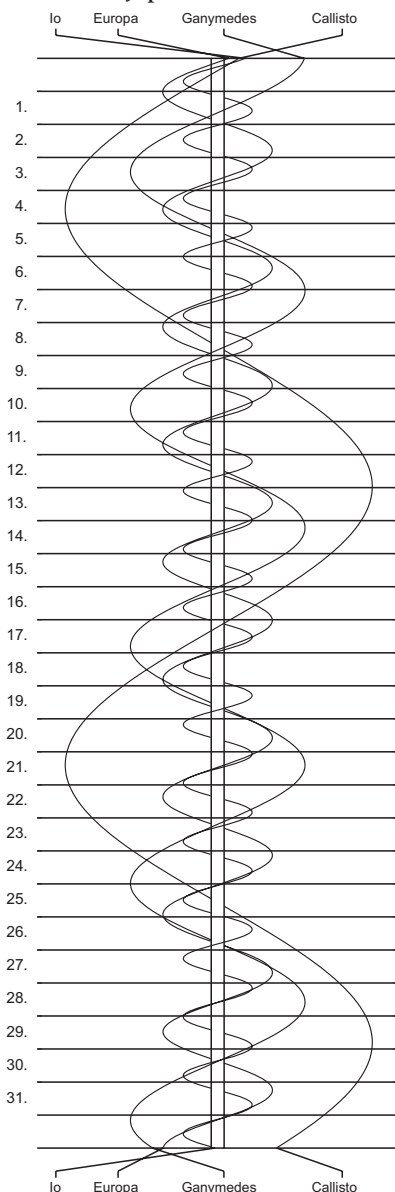
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

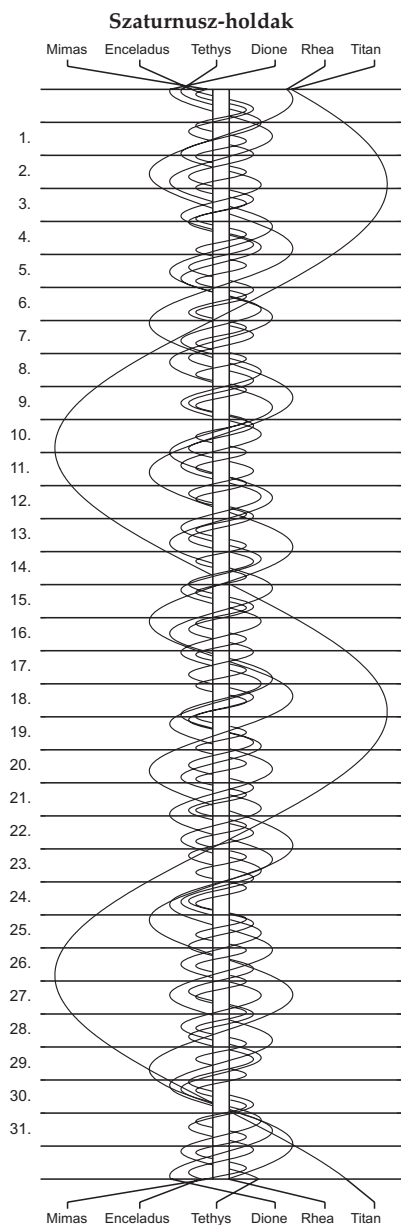
m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége

Jupiter-holdak





$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – augusztus**

KÖZEI

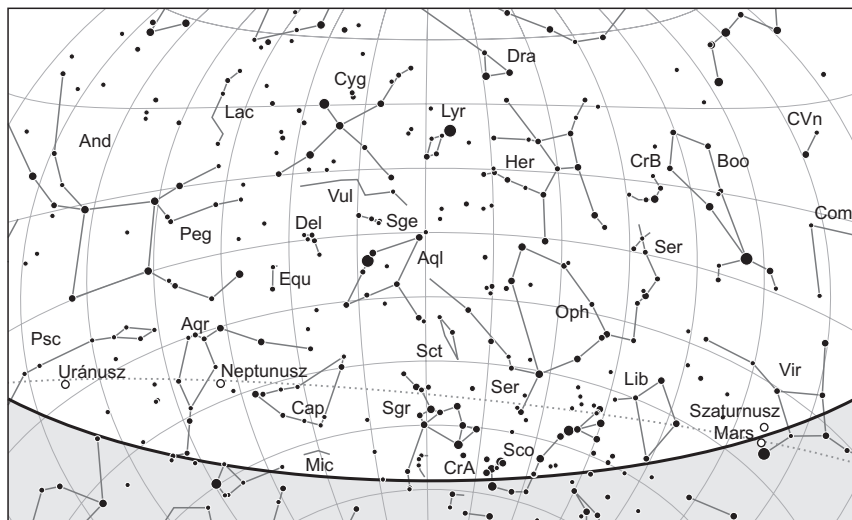
Dátum	Nap					Hold				fázis		
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	h_d °	E_t m	kel h m	delel h m	nyugszik h m				
1. sz 214.	4 21	11 50	19 18	60,4	−6,3	18 31	23 34	3 32	○	4 27		
2. cs 215.	4 23	11 50	19 16	60,1	−6,3	19 02	–	4 46				
3. p 216.	4 24	11 50	19 15	59,8	−6,2	19 30	0 26	5 59				
4. sz 217.	4 25	11 50	19 13	59,6	−6,1	19 54	1 15	7 10				
5. v 218.	4 27	11 50	19 12	59,3	−6,0	20 18	2 01	8 19				
32. hét												
6. h 219.	4 28	11 49	19 10	59,0	−5,9	20 42	2 46	9 25	●	19 55		
7. k 220.	4 29	11 49	19 09	58,8	−5,8	21 07	3 30	10 30				
8. sz 221.	4 30	11 49	19 07	58,5	−5,7	21 35	4 15	11 33				
9. cs 222.	4 32	11 49	19 06	58,2	−5,5	22 07	5 00	12 35				
10. p 223.	4 33	11 49	19 04	57,9	−5,4	22 43	5 47	13 34				
11. sz 224.	4 34	11 49	19 02	57,6	−5,2	23 26	6 34	14 29	●	16 54		
12. v 225.	4 36	11 49	19 01	57,3	−5,0	–	7 23	15 20				
33. hét												
13. h 226.	4 37	11 48	18 59	57,0	−4,9	0 16	8 13	16 05				
14. k 227.	4 38	11 48	18 57	56,7	−4,7	1 12	9 02	16 45				
15. sz 228.	4 40	11 48	18 56	56,4	−4,5	2 14	9 52	17 20	●	16 54		
16. cs 229.	4 41	11 48	18 54	56,0	−4,3	3 20	10 41	17 51				
17. p 230.	4 42	11 48	18 52	55,7	−4,1	4 29	11 30	18 19				
18. sz 231.	4 44	11 47	18 50	55,4	−3,9	5 40	12 19	18 45				
19. v 232.	4 45	11 47	18 48	55,1	−3,6	6 52	13 08	19 11				
34. hét												
20. h 233.	4 46	11 47	18 47	54,7	−3,4	8 06	13 57	19 38	●	14 54		
21. k 234.	4 48	11 47	18 45	54,4	−3,2	9 20	14 49	20 08				
22. sz 235.	4 49	11 46	18 43	54,1	−2,9	10 36	15 42	20 41				
23. cs 236.	4 50	11 46	18 41	53,7	−2,7	11 50	16 38	21 20				
24. p 237.	4 52	11 46	18 39	53,4	−2,4	13 01	17 36	22 08				
25. sz 238.	4 53	11 46	18 37	53,0	−2,1	14 06	18 35	23 04	○	14 58		
26. v 239.	4 54	11 45	18 35	52,7	−1,8	15 02	19 33	–				
35. hét												
27. h 240.	4 56	11 45	18 34	52,4	−1,6	15 50	20 30	0 07				
28. k 241.	4 57	11 45	18 32	52,0	−1,3	16 29	21 25	1 17				
29. sz 242.	4 58	11 44	18 30	51,6	−1,0	17 02	22 17	2 29				
30. cs 243.	5 00	11 44	18 28	51,3	−0,7	17 31	23 06	3 41	○	14 58		
31. p 244.	5 01	11 44	18 26	50,9	−0,3	17 56	23 53	4 51				

A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát kell adni.

augusztus

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 456 141	20 40 01	Boglárka, Gusztáv, Pálma, Péter, Zsófia
2.	2 456 142	20 43 57	Lehel, Gusztáv, Mária
3.	2 456 143	20 47 54	Hermina, István, Lídia, Terézia
4.	2 456 144	20 51 50	Domonkos, Dominika
5.	2 456 145	20 55 47	Krisztina, Ábel, Afrodité, Kriszta, Mária
6.	2 456 146	20 59 43	Berta, Bettina, Géza
7.	2 456 147	21 03 40	Ibolya, Afrodité, Albert, Arabella, Donát
8.	2 456 148	21 07 37	László, Dominik, Domonkos, Gusztáv
9.	2 456 149	21 11 33	Emőd, János, Roland
10.	2 456 150	21 15 30	Lőrinc, Bianka, Blanka, Csilla, Loránd, Lóránt, Roland
11.	2 456 151	21 19 26	Zsuzsanna, Tibor, Klára, Lilian, Liliána, Lujza
12.	2 456 152	21 23 23	Klára, Hilda, Letícia
13.	2 456 153	21 27 19	Ipoly, Gerda, Gertrúd, Helén, Heléna, Ibolya, János
14.	2 456 154	21 31 16	Marcell, Menyhért
15.	2 456 155	21 35 12	Mária, Alfréd
16.	2 456 156	21 39 09	Ábrahám, István, Szeréna
17.	2 456 157	21 43 06	Jácint
18.	2 456 158	21 47 02	Ilona, Elena, Eleni, Helén, Heléna, Lenke
19.	2 456 159	21 50 59	Huba, Bernát, János, Lajos
20.	2 456 160	21 54 55	<i>Szent István ünnepe</i> ; István, Bernát, Stefánia, Vajk
21.	2 456 161	21 58 52	Sámuel, Hajna, Erik, Erika, Franciska, Johanna
22.	2 456 162	22 02 48	Menyhért, Mirjam, Boglár, Boglárka, János, Mária
23.	2 456 163	22 06 45	Bence, Róza, Rózsa, Szidónia
24.	2 456 164	22 10 41	Bertalan, Albert, Aliz
25.	2 456 165	22 14 38	Lajos, Patrícia, Elemér, József, Tamás
26.	2 456 166	22 18 35	Izsó, Margit, Natália, Natasa, Rita
27.	2 456 167	22 22 31	Gáspár, József, Mónika
28.	2 456 168	22 26 28	Ágoston, Alfréd, Elemér, László
29.	2 456 169	22 30 24	Beatrix, Erna, Ernesztina, János, Kamilla, Szabina
30.	2 456 170	22 34 21	Róza, Letícia, Rózsa
31.	2 456 171	22 38 17	Erika, Bella, Aida, Hanga, Izabella, Rajmund, Ramóna

Augusztus 16–20: Meteor 2012 Távcsoves Találkozó Tarjánban (www.mcse.hu)



A déli égbolt augusztus 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Bolygók

Merkúr: 5-e után már kereshető napkelte előtt az északkeleti horizont közelében. Látóhatósága gyorsan javul, 16-án már $18,7^\circ$ -ra látszik a Naptól, legnagyobb nyugati kitérésében. Ekkor bő másfél órával kel a Nap előtt, idei egyik legjobb hajnali megfigyelhetőségét adva. Ezt követően lassan közeledik a Naphoz, de hó végén még mindig egy órával kel a Nap előtt.

Vénusz: A hajnali ég feltűnő égiteste, magasan ragyog a keleti égen. A hónap elején három és negyed órával, a végén már négy órával kel a Nap előtt. 15-én kerül legnagyobb nyugati kitérésbe, $45,8^\circ$ -ra a Naptól. Fényessége $-4,4^m$ -ról $-4,2^m$ -ra, átmérője $28''$ -ről $20,1''$ -re csökken, fázisa $0,42$ -ről $0,58$ -ra nő.

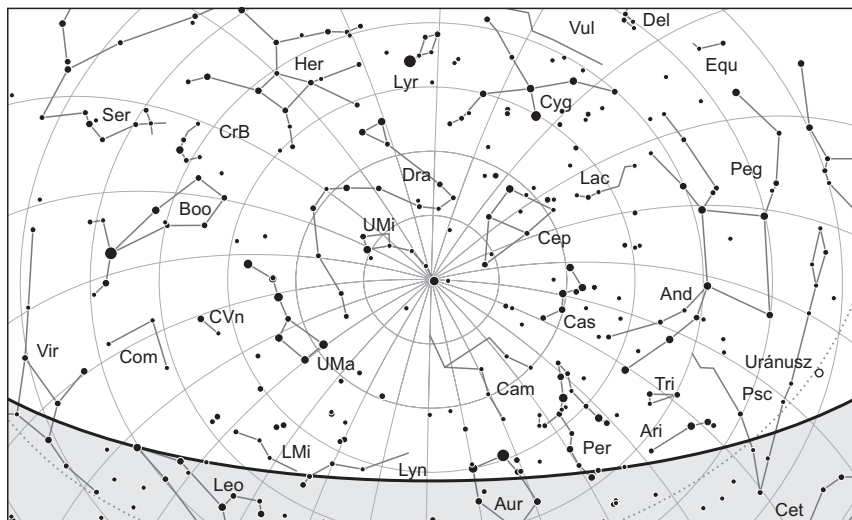
Mars: Előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Az esti órákban látható a nyugati égen, késő este nyugszik. Fényessége $1,1^m$ -ről $1,2^m$ -ra, átmérője $5,7''$ -ről $5,2''$ -re csökken.

Jupiter: Előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. Éjfél körül kel, az éjszaka második felében feltűnően látszik a keleti-délkeleti ég alján. Fényessége $-2,2^m$, átmérője $37''$.

Szaturnusz: Előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Késő este nyugszik, napnyugta után kereshető a nyugati ég alján. Fényessége $0,7^m$, átmérője $16''$.

Uránusz: Az esti órákban kel. Az éjszaka nagy részében látható a Cet csillagképben.

Neptunusz: Egész éjszaka megfigyelhető, 24-én van szembenállásban a Nappal. A Vízöntő csillagképben végzi hátráló mozgását.



Az északi égbolt augusztus 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Eseménynaptár (UT)

Dátum Időpont Esemény

- | | | |
|--------|-------|--|
| 08.01. | 0:41 | Két Jupiter-hold (Io és Europa) árnyéka látszik a bolygó korongján 01:51 UT-ig |
| 08.02. | 3:27 | Telehold (a Hold az Aquarius csillagképben) |
| 08.03. | 17:57 | A Hold déli librációja ($b = -6,57^\circ$, $l = 5,58^\circ$) |
| 08.04. | 3:23 | A Hold maximális librációja ($l = 5,68^\circ$, $b = -6,54^\circ$) |
| 08.04. | 13:55 | A Hold keleti librációja ($l = 5,71^\circ$, $b = -6,45^\circ$) |
| 08.05. | 18:54 | A (17) Thetis kisbolygó oppozícióban ($10,0^m$ látszó fényesség, Capricornus csillagkép) |
| 08.06. | 2:09 | A reggeli szürkületben a Vénusz bolygó az 57 Ori-tól ($5,9^m$) $19^\circ 27''$ -re délnyugatra |
| 08.08. | 1:05 | A Hold mögül kilép a 100 Piscium ($7,3^m$, 66,3%-os, csökkenő holdfázis) |
| 08.08. | 2:34 | Két Jupiter-hold (Io és Europa) árnyéka látszik a bolygó korongján 02:56 UT-ig (polgári szürkületig) |
| 08.09. | 2:14 | A reggeli szürkületben a Vénusz bolygó a 64 Ori-tól ($5,1^m$) $22^\circ 50''$ -re keletre |
| 08.09. | 18:55 | Utolsó negyed (a Hold az Aries csillagképben) |
| 08.09. | 19:24 | Az esti szürkületben a 96P/Machholz üstökös $19'$ -re északra a 27 Com-tól |
| 08.09. | 22:38 | A Hold mögül kilép az 53 Arietis ($7,3^m$, 66,3%-os, csökkenő holdfázis) |
| 08.10. | 2:59 | A hajnali szürkületben a Vénusz bolygótól $41,9'$ északkeletre az NGC 2175 nyílthalmaz ($6,8^m$) |

Dátum Időpont Esemény

08.10.	10:52	A Hold földtávolban (földtávolság: 404 084 km, látszó átmérő: 29'34", 43,7%-os, csökkenő holdfázis)
08.10.	20:46	A Hold minimális librációja ($l = -0,14^\circ$, $b = -0,15^\circ$)
08.11.	2:17	A reggeli szürkületben a Vénusz bolygó a 68 Ori-tól (5,8 ^m) 11'55"-re keletre
08.12.	2:19	A hajnali szürkületben a Perseidák meteorraj maximuma (radiáns 68° magasan, a 28,8%-os, csökkenő fázisú Hold a radiánstól 41°-ra)
08.12.	3:02	A hajnali szürkületben a 28,5%-os, csökkenő fázisú Holdtól 3,7°-kal nyugatra a Jupiter bolygó
08.12.	6:45	A Hold eléri legnagyobb deklinációját 21,1°-nál (27,2%-os, csökkenő holdfázis)
08.12.	19:17	Az esti szürkületben a (138) Tolosa kisbolygó (12,3 ^m) az M 7 gömbhalmaztól (6,8 ^m) 5,0'-re keletre
08.13.	2:43	A Hold mögül kilép a ZC 881 (6,3 ^m fényességű kettőscsillag, 20,4%-os, csökkenő holdfázis)
08.14.	3:05	A hajnali szürkületben a 13,0%-os, csökkenő fázisú Holdtól 4,1°-kal nyugatra a Vénusz bolygó
08.15.	2:24	A reggeli szürkületben a Vénusz bolygó a v Gem-től (4,1 ^m) 14'2"-re délre
08.15.	3:07	A hajnali szürkületben a Hold, a Merkúr, Vénusz és a Jupiter bolygók egy vonalba rendeződve látszanak az égbolton
08.15.	4:36	A Vénusz bolygó dichotómiája (50,0% fázis, 45,8°-os nyugati elongáció, 23,6" látszó átmérő)
08.15.	9:06	A Vénusz bolygó legnagyobb nyugati elongációja (-4,3 ^m látszó fényesség, Gemini csillagkép)
08.15.	18:29	A Mars bolygótól 2,7°-kal északra a Szaturnusz bolygó
08.15.	19:11	Az esti szürkületben a 96P/Machholz üstökös 11'-re délkeletre a 74 Vir-től
08.16.	2:58	A hajnali szürkületben a 2,8%-os (36 óra 56 perces holdsarló) csökkenő fázisú Holdtól 3,9°-kal északra a Merkúr bolygó
08.16.	3:08	36 óra 46 perces holdsarló 6,5° magasan a hajnali égen (a Merkúrtól 3,9°-kal délre, a Vénusztól 27,6°-kal keletre)
08.16.	12:04	Merkúr bolygó legnagyobb nyugati elongációja (18,7°-os elongáció, 0,0 ^m látszó fényesség, 7,5" átmérő, 41% fázis, Cancer csillagkép)
08.16.	15:37	A Hold nyugati librációja ($l = -5,05^\circ$, $b = 6,20^\circ$)
08.16.	23:17	Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 2012.08.17., 01:40 UT-kor
08.17.	0:31	A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 02:28 UT-kor
08.17.	12:46	A Hold maximális librációja ($l = -4,92^\circ$, $b = 6,52^\circ$)
08.17.	15:54	Újhold (a Hold a Leo csillagképben)
08.18.	0:00	A κ Cygnidák meteorraj elhúzódó maximuma (radiáns 48° magasan, az újhold nem zavar a megfigyelésben)
08.18.	2:24	A Hold északi librációja ($b = 6,58^\circ$, $l = -4,72^\circ$)
08.18.	16:16	A Merkúr bolygó dichotómiája (50,0% fázis, 18,5°-os nyugati elongáció, 7,0" látszó átmérő)

Dátum Időpont Esemény

08.21.	18:18	Az esti szürkületben a 19,9%-os, növekvő fázisú Holdtól 7,3°-kal északkeletre a Szaturnusz bolygó
08.21.	18:18	Az esti szürkületben a Hold, a Mars és a Szaturnusz bolygók, valamint a Spica látványos együttállása (Y alakot formáznak)
08.21.	18:44	A (10) Hygiea kisbolygó oppozícióban (9,5 ^m látszó fényesség, Aquarius csillagkép)
08.22.	18:16	Az esti szürkületben a 29,7%-os, növekvő fázisú Holdtól 7,0°-kal északnyugatra a Mars bolygó
08.23.	19:20	A Hold földközeli (földtávolság: 369 766 km, látszó átmérő: 32'19", 41,2%-os, növekvő holdfázis)
08.23.	20:06	A Hold mögé belép az ι ¹ Librae (kettőscsillag, 4,5 ^m , 41,5%-os, növekvő holdfázis)
08.23.	23:22	A Neptunusz bolygó eléri legnagyobb látszó fényességét, 7,8 magnitúdót (a bolygó látszó átmérője 2,4", Aquarius csillagkép)
08.24.	8:12	A Hold minimális librációja (l = 0,45°, b = 0,25°)
08.24.	12:31	A Neptunusz bolygó oppozícióban (7,8 ^m látszó fényesség, 2,4" látszó átmérő, Aquarius csillagkép)
08.24.	13:54	Első negyed (a Hold a Scorpius csillagképben)
08.25.	17:44	A Hold eléri legkisebb deklinációját -22,3°-nál (63,1%-os, növekvő holdfázis)
08.26.	2:43	A hajnali szürkületben a Vénusz bolygótól a HIP 35126 (7,4 ^m) 5'0"-re északkeletre
08.26.	2:43	A reggeli szürkületben a (9) Metis kisbolygó (10,8 ^m) az M 1 szupernóva-maradványtól (8,4 ^m) 14,6'-re északra
08.26.	20:06	A Hold mögé belép a 14 Sagittarii (5,4 ^m , 74,7%-os, növekvő holdfázis)
08.27.	22:35	A Hold mögé belép a 43 Sagittarii (5,0 ^m , 84,6%-os, növekvő holdfázis)
08.29.	1:15	A Vénusz bolygótól 78,6'-re északra az NGC 2392 planetáris köd (Eszkimó-köd, 8,6 ^m)
08.30.	22:20	A Hold déli librációja (b = -6,54°, l = 5,09°)
08.31.	6:31	A Hold maximális librációja (l = 5,15°, b = -6,51°)
08.31.	13:58	Telehold (a Hold az Aquarius csillagképben)
08.31.	19:00	Az α Aurigidák meteorraj maximuma (a felkelő radiáns éppen a horizonton, a 99,8%-os, csökkenő fázisú Hold a radiánstól 104°-ra)
08.31.	19:52	A Hold keleti librációja (l = 5,20°, b = -6,39°)

Üstökösök

96P/Machholz. Folyamatosan növekvő elongációja miatt egyre kedvezőbb helyzetben láthatjuk az esti égen, fényessége azonban rohamosan csökken, így a hónap első két hetében lehet reális esély megpillantására. Miközben 1-jén fényessége még eléri a 10 magnitúdót, 10-én már csak 11,6 magnitúdót, 15-én pedig 12,4 magnitúdót jeleznek a számítások. Az esti égen látszó, délkelet felé mozgó égitest naponta 2,5 fokot tesz meg az égen, így két hét alatt a Leo csillagképből a Coma Berenicesen át a Virgóba jut. Mivel ez a tájék szegény fényes csillagokban, nehéz lesz támpontot találni az üstökös keresésekor.

185P/Petriew. A 11 magnitúdós üstökös naponta 1,2 fokot tesz meg a Taurus, majd a Gemini csillagképekben, 10-én hajnalban fél fokkal délre halad el a 4,9 magnitúdós 132 Tauritól, 13-án a 4,1 magnitúdós 1 Geminorumtól néhány ívpercre láthatjuk, két nappal később pedig az η Geminorumot közelíti meg hasonlóan. Asztrofotósok számára is érdekes lehet, amikor 12-én hajnalban 25 ívperccel nyugatra láthatjuk a 6,7 magnitúdós, 40-50 csillagot tartalmazó NGC 2129 jelű nyílthalmaztól. Helyzetének további érdekessége, hogy 6-án hajnalban alig 3 fokra lesz attól a helytől, ahol 2001-ben megtalálták.

C/2006 S3 (LONEOS). A Libra csillagképben haladva eléri stacionárius pontját, így mozgása lelassul, egy hónap alatt csak 3,5 fokot tesz meg az égen. Negatív deklinációja miatt láthatósága egyre romlik, fényessége 12,5-13 magnitúdó között várható. Az Oort-felhőből érkező üstökös a bolygórendszeren való áthaladás során felgyorsul, így a jelenlegi számítások szerint elhagyhatja a Naprendszert, vagy legalábbis következő vizsgatéréseire millió éveket kell várni.

C/2011 F1 (LINEAR). Az Oort-felhőből érkezett üstökös tovább közeledik a Naphoz, így a hónap végére elérheti a 11 magnitúdót. A dél felé tartó égitest az esti égen látható, a Bootes csillagképben. Fényes csillagoktól távol, az α és az ϵ Bootis között halad el, ám számos halvány galaxist, galaxiscsoportot is megközelít: 3-án este az NGC 5512 mellett láthatjuk, 13-án este egy IC és NGC galaxisokból álló csoport mellett lehet fotografálni, míg 17-én este az NGC 5610-től északnyugatra kereshetjük.

A Merkúr hajnali láthatósága

Augusztus 16-án hajnalban a Merkúr legnagyobb nyugati kitérése figyelhető meg, 18,7 fokra távolodik el a Naptól, azaz, egyik legkedvezőtlenebb perihéliumi elongációjára idején tartózkodik a keleti égen. Felkeresését megkönnyítheti a tőle néhány fokkal keletre látható fogyó Hold igen vékony sarlója. Látszó átmérője 7,5". Ha a bolygó alacsonyan tartózkodik, a nyugtalan levegő általában nem engedi meg, hogy értékelhető megfigyeléseket végezzünk. Azonban jól pólusra állított osztott körös, vagy gótós mechanikák esetén napkelte után, sőt, a bolygó delelése környékén is megpróbálkozhatunk webkamerás észlelésével. Delelés környékén értelemszerűen sokkal jobb a légköri nyugodtság, ami jobb felvételek készítését teszi lehetővé.

Augusztus 15.: Vénusz-dichotómia

Augusztus 15-én a kora délelőtti órákban a Vénusz legnagyobb nyugati elongációjában 45,8 fokra távolodik el a Naptól. Fényessége ekkor $-4,3^m$, látszó átmérője 23,6" lesz. A hónap elején még a Bika csillagképben találhatjuk, majd rövid időre az Oriont keresztezve az Ikrekben folytatja égi útját. A szomszédos csillagképben ragyogó Jupiterrel együtt a hajnali ég feltűnő égitestje. Alig öt órával korábban következik be a bolygó előre jelzett dichotómiája is, vagyis gyakorlatilag ugyanazon a napon (hajnalban) következik be az észlelhető 50%-os megvilágítottság állapota, és a legnagyobb kitérés geometriai helyzetéből adódó fázis időpontja. A Schröter-effektus igen minimális ezen kitérés alkalmával, ezért most különösen ajánlott program a vizuális dichotómia-észlelések végzésével a számított és az észlelt dichotómia közötti különbség pontosítása.

Jupiterhold-jelenségek augusztusban

2012. augusztus 1. Két hold árnyéka látszik a Jupiter korongján. A Jupiter úgy kel, hogy az Europa árnyéka már rajta van, ez csak 01:50-kor vonul le róla. Egy órával korábban megjelenik az Io árnyéka is, majd egy perccel az Europa árnyékának levonulása előtt maga az Io is felkúszik a bolygókorongra. 0:40 és 1:50 UT között tehát két hold árnyéka lesz megfigyelhető. A bolygó alacsony helyzete miatt a turbulens légkör okozhat problémát az észlelés során.

2012. augusztus 8. Két hold árnyéka látszik a szürkület kezdetéig 2:56 UT. Ugyancsak két holdárnyék látható augusztus 8-án hajnalban is, 02:05-kor jelenik meg az Europa árnyéka, majd 02:34-kor követi az Io is. A jelenséget megzavarja a szürkület.

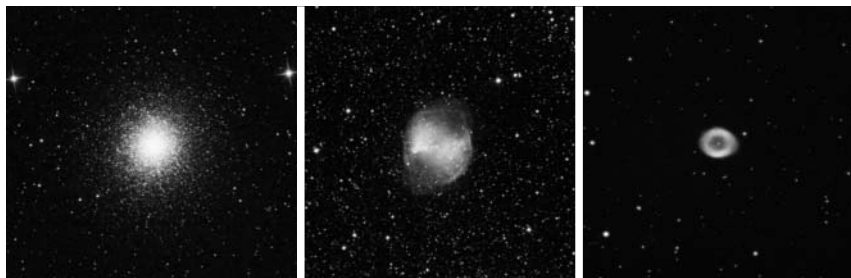
2012. augusztus 16/17. Egyszerre két hold fogyatkozik. Közben az Io árnyéka a Jupiteren látható. A hajnali jelenségsorozat eseményei menetrend szerint hetenként követik egymást. Augusztus 16/17-én éjjel és hajnalban két hold fogyatkozása és egy árnyékátvonulás zajlik, érdekes észlelési lehetőséget biztosítva.

16-án este 22:56 UT-kor a Jupiterre lép az Io árnyéka, majd húsz perccel később, 23:17-kor megkezdődik az Europa fogyatkozása. 17-én 00:13 UT-kor belép az Io maga is a Jupiter elé, majd 00:31-kor a Ganymedes is elmerül anyabolygójának árnyékkúpjában. 01:05-kor befejeződik az Io árnyékának átvonulása, 01:40-kor visszatér az Europa a napfénybe, de alig 10 perccel később, 01:52-kor el is tűnik a Jupiter takarásában. 02:22-kor levonul az Io a Jupiterről, majd az éjszakai jelenségsorozat zárásaként 02:28-kor a Ganymedes is kilép az árnyékból. Ritka, hogy ennyi jelenséget egy éjszaka lehessen megfigyelni.

Nyári táborok, nyári egek

Ha nyár, akkor táborozás, igaz a mondás amatőrcsillagász körökben is.

Egyesületünk legnépesebb eseménye az évente megrendezett Meteor Távcsoves Találkozó, a magyar amatőrcsillagászok háromnapos seregszemléje. Itt találkozhatnak egymással a távoli ismerősök, kicserélhetik gondolataikat, megismerkedhetnek egymás műszereit. Tájékozódhatnak a távcsovpia újdonosságairól, és vásárolhatnak, eladhatnak,



A nyári trió: az M13, M27 és M57. Minden amatőrcsillagász felkeresi őket nyaranta. Tobler Zoltán felvételei 25 cm-es reflektorral, Canon EOS 350D kamerával készültek, ISO 1600 érzékenység mellett. Az expozíciós idők: M13: 8×90 s, M27: 30×120 s, M57: 16×180 s. A három kép nem azonos léptékű!

cserélhetnek bármit az Asztrobazárban. Teleszkópjukat benevezhetik a „Mutasd meg a távcsöved!” versenyre. Színvonalas előadásokat hallgathatnak, amatőr műhelyek munkáiban vehetnek részt, ahol asztrofotózással, vagy akár mélyég-rajzolásal kapcsolatos kérdéseikre ott helyben, gyakorlati választ kapnak. Akinek van egy kis kezűgyessége, a tábori tükröcsiszoló tanfolyamon maga készítheti el új műszerének főtükrét.

Nyaranta magasan a fejünk fölött láthatjuk a Hadak Útját, a Tejutat. A városokban azonban ma már nyoma sincs a tücsök-ciripeléses, csillagfényes nyáréjszakák hangulatának, mindent betölt az autók zaja, a füst, a por és a sok felesleges fény. Emiatt nem láthatjuk nagyvárosainkból az ezüstösen porzó Hadak Útját, ezért is érdemes táborozni nyáron. Hiszen sötét ég alól az M13 gömbhalmaz (Herkules csillagkép) több ezer csillag halmazává bomlik fel. Onnan az M27 (Dumbbell-köd, Kis Róka csillagkép) is sokkal szebben mutat, nem is beszélve az olyan közismert, de fényszennyezett ég alól nem, vagy alig látható csodákról, mint a Fátyol-köd vagy az Észak-Amerika-köd (Hattyú).

Dél felé pillantva a városi amatőr csak egy újabb paneltömböt láthat, a táborok egén azonban arrafelé a számtalan mélyég-csodát rejtő Skorpió és Nyilas az úr. Itt az M4, M8, M20, M22, sőt az M16 és M17 ködfoltját is remekül tanulmányozhatjuk. S ha mindez nem lenne elég, a társaság, s a rengeteg egyéb élmény örökre feledhetetlenné teszi a táborokat.



Déli hangulat a Sagittariusban: Az M17 Németh Róbert felvételén, amelyet 20 cm-es tükrös távcsövel, Canon EOS 1000D fényképezőgéppel készített 20×5 perces expozícióval (ISO 800-on).

A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrektció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
8 7	23	12	13	ki	92496	7,6	67 – 29		43 D	201	+0,0	+2,8
8 8	1	4	56	ki	230 100 Psc	7,3	66 – 46		42 É	296	+2,3	+0,0
8 9	0	20	28	ki	92900	7,9	57 – 36		85 D	246	+0,7	+1,9
8 9	1	17	34	ki	353	7,9	57 – 44		6 D	167	+9,9	+9,9
8 9	22	38	23	ki	455 53 Ari	6,1	48 – 13		87 D	251	–0,1	+1,7
8 10	2	19	52	ki	93347	8,1	47 – 49		68 D	233	+1,0	+2,3
8 11	1	2	3	ki	93729	8,0	38 – 30		78 D	247	+0,4	+2,0
8 13	0	0	8	ki	77433	7,9	21 – 5		89 D	265	–0,3	+1,3
8 13	0	59	41	ki	77493	8,2	21 – 15		64 D	241	–0,3	+2,0
8 13	1	18	29	ki	77515	8,2	20 – 17		53 D	230	–0,3	+2,4
8 13	1	28	7	ki	77516 Y Tau	6,9	20 – 19		83 É	274	+0,2	+1,3
8 13	2	42	39	ki	X 32224	7,6	20 – 31		47 É	310	+1,1	+0,1

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
8 13	2	42	40	ki	881	6,3	20 –	31	47 É	310	+1,1	+0,1
8 14	1	30	29	ki	95919	8,4	13 –	11	79 D	259	–0,2	+1,6
8 14	1	42	12	ki	95939	8,5	13 –	12	23 D	203	–1,1	+4,5
8 14	1	58	54	ki	95943	8,4	13 –	15	61 É	299	+0,3	+0,7
8 14	2	20	7	ki	1025	7,3	13 –	19	41 É	319	+0,6	–0,1
8 14	2	21	17	ki	95965	7,6	13 –	19	52 D	232	–0,2	+2,5
8 15	2	12	44	ki	1141	5,5	7 –	8	46 D	227	–0,5	+2,7
8 22	18	24	52	be	2029 ET Vir	4,9	30 +	10	71 É	92	+0,9	–1,3
8 23	20	6	14	be	2172 ι Lib	4,5	41 +	1	60 D	136	+0,9	–2,2
8 26	20	6	12	be	2635 14 Sgr	5,5	74 +	18	47 D	132	+2,1	–1,9
8 27	22	35	9	be	2814 43 Sgr	4,9	84 +	13	23 É	18	+0,0	+1,0

Évforduló

100 éve született George Alcock

George Eric Deacon Alcock (1912. augusztus 28. – 2000. december 15.) angol amatőr-csillagász, az egyik legsikeresebb nóva- és üstökösfelfedező Peterborough-ban született. Érdeklődése eleinte a meteorok és meteorrajok észlelésére összpontosult. A Manning Prentice-szel szimultán végzett észleléseik alapján kimutatták, hogy az általuk látott sporadikus meteorok is Naprendszerünk tagjai, nem pedig intersztelláris eredetűek, mint azt akkoriban még amerikai csillagászok gondolták. A második világháború után a Jodrell Bankben felállított rádióteleszkóppal a csillagászok meteorokat is észlelni kezdtek, és ehhez az elsők között Alcockot kérték fel vizuális kontrollészlelések elvégzésére. Ezek a radarészlelések igazolták Alcock és Prentice korábbi eredményeit.

1953-ban eldöntötte, hogy üstökösök keresésébe kezd, egy 10 cm-es refraktorral, majd 1955-ben nóvákra is kezdett vadászni. Technikája abban állt, hogy sok ezer csillag égi helyzetét memorizálta, és így észre tudott venni minden újonnan megjelent objektumot. Az égbolt memorizálását már 1932-ben elkezdte, már akkor pontosan

ismerte a szabad szemmel látható csillagok pontos helyét – később állítólag mintegy 30 000 csillag és 500 kód égi pozícióját raktározta el fejében. Amint a róla szóló újságcikkek fogalmaznak: valószínűleg a történelem során ő ismerte a legtöbb égi objektum pozícióját.

10 cm-es refraktora túl kis látómezejű volt, ezért beszerzett egy 25×105-ös német óriás binokulárt. Ezzel hamar sikerrel járt: 1959-ben fedezte fel a C/1959 Q2 Alcock-üstököst. Ez volt az első üstökösfelfedezés Angliában 1894 óta. Mindössze öt napra rá újabb üstököst fedezett fel! 1961-től



megosztja észlelési idejét az üstökösök és a nóvák keresése között. 1963 és 1965 termése újabb egy-egy üstökös, majd 1967-ben felfedezi első nójáját, a Nova Delphini 1967-et (HR Del), amely rendellenes fénygörbéje miatt nevezetes. Két további nóva felfedezése koronázta sikerrel erőfeszítéseit: LV Vul (1968) és a V368 Sct (1970). Ötödik és egyben utolsó üstökösét 1983-ban fedezi fel (ez a nevezetes IRAS–Araki–Alcock-üstökös, C/1983 H1). Utolsó nóvafelfedezése a V838 Her (1991).

Emlékezet: nevét az általa felfedezett üstökösökön kívül egy kisbolygó is őrzi: 3174 Alcock (a Lowell Obszervatóriumban 1984-ben felfedezett, főövbeli kisbolygó).

Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
1	0:40,5	Io	ák
	1:49,7	Io	ek
	1:50,7	Europa	áv
	1:51,9	Europa	ek
2	1:15,6	Io	mv
	23:20,9	Ganymedes	mv
8	2: 4,9	Europa	ák
	2:34,2	Io	ák
	23:46,5	Io	fk
9	23: 6,4	Europa	fv
	23:11,7	Io	áv
10	23:12,6	Europa	mk
	0:25,6	Io	ev
	1:35,1	Europa	mv
	1:37,9	Ganymedes	mk
16	1:40,6	Io	fk
	22:56,2	Io	ák
17	23:17,1	Europa	fk
	0:12,7	Io	ek
	0:31,0	Ganymedes	fk
	1: 5,2	Io	áv
	1:40,3	Europa	fv
	1:52,4	Europa	mk
	2:21,9	Io	ev
	2:27,6	Ganymedes	fv
	23:39,9	Io	mv

nap	UT h:m	hold	jelenség
18	23: 4,0	Europa	ev
20	21:59,7	Ganymedes	ev
24	0:49,7	Io	ák
	1:51,1	Europa	fk
	2: 8,3	Io	ek
	2:58,7	Io	áv
25	22: 3,3	Io	fk
	1:36,1	Io	mv
	22:46,2	Io	ev
	23: 1,0	Europa	áv
	23:23,0	Europa	ek
26	1:44,6	Europa	ev
28	0:10,9	Ganymedes	ek
	2: 5,5	Ganymedes	ev
31	2:43,2	Io	ák
	23:57,4	Io	fk

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

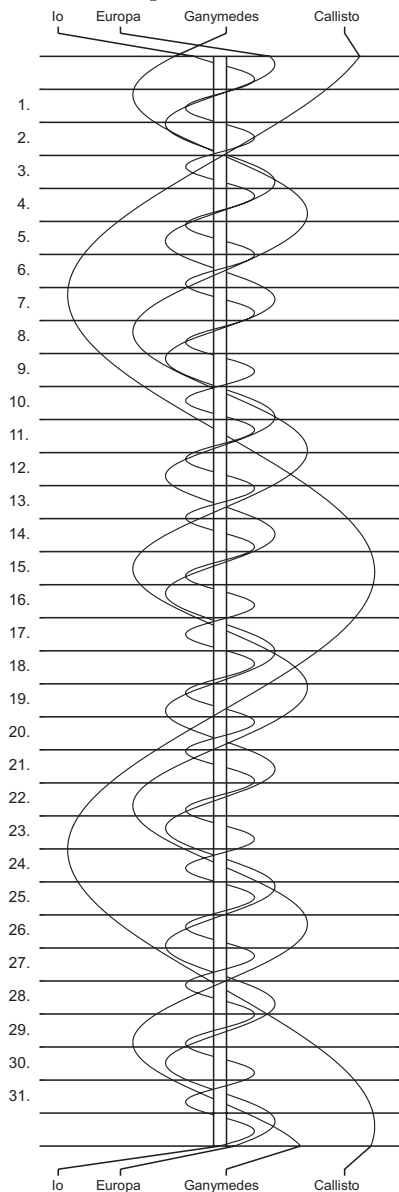
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

m= mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

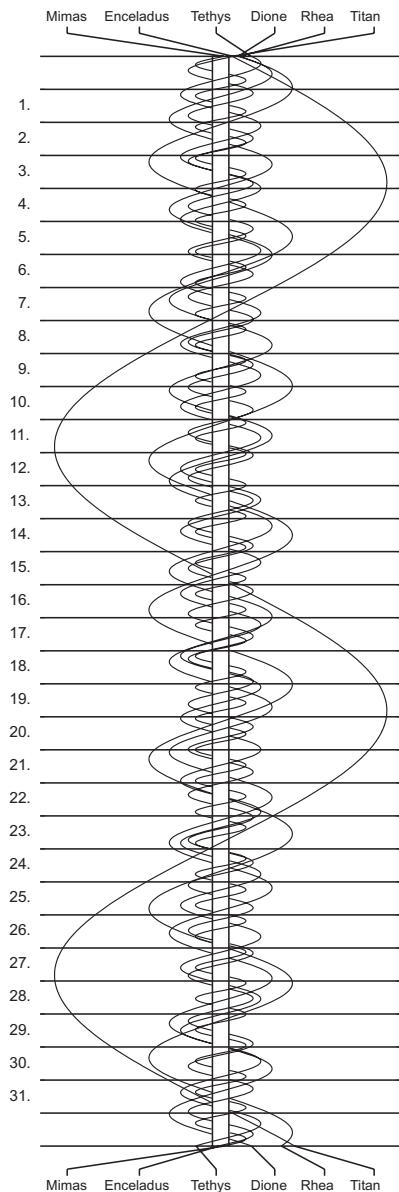
k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége

Jupiter-holdak



Szaturnusz-holdak



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – szeptember**

KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	h_d °	E_t m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	
1. sz 245.	5 02	11 43	18 24	50,6	-0,0	18 20	–	6 01	
2. v 246.	5 04	11 43	18 22	50,2	+0,3	18 45	0 39	7 08	
36. hét									
3. h 247.	5 05	11 43	18 20	49,8	+0,6	19 10	1 24	8 14	
4. k 248.	5 06	11 43	18 18	49,5	+0,9	19 37	2 09	9 18	
5. sz 249.	5 08	11 42	18 16	49,1	+1,3	20 07	2 54	10 21	
6. cs 250.	5 09	11 42	18 14	48,7	+1,6	20 41	3 40	11 21	
7. p 251.	5 10	11 41	18 12	48,3	+1,9	21 22	4 27	12 18	
8. sz 252.	5 12	11 41	18 10	48,0	+2,3	22 08	5 15	13 11	● 14 15
9. v 253.	5 13	11 41	18 08	47,6	+2,6	23 01	6 04	13 58	
37. hét									
10. h 254.	5 14	11 40	18 06	47,2	+3,0	23 59	6 53	14 40	
11. k 255.	5 16	11 40	18 04	46,8	+3,3	–	7 42	15 17	
12. sz 256.	5 17	11 40	18 02	46,5	+3,7	1 03	8 31	15 49	
13. cs 257.	5 18	11 39	18 00	46,1	+4,0	2 10	9 20	16 18	
14. p 258.	5 20	11 39	17 58	45,7	+4,4	3 20	10 09	16 46	
15. sz 259.	5 21	11 39	17 56	45,3	+4,7	4 33	10 59	17 12	
16. v 260.	5 22	11 38	17 54	44,9	+5,1	5 47	11 49	17 40	● 3 11
38. hét									
17. h 261.	5 24	11 38	17 52	44,5	+5,5	7 03	12 41	18 09	
18. k 262.	5 25	11 38	17 49	44,1	+5,8	8 20	13 35	18 42	
19. sz 263.	5 26	11 37	17 47	43,8	+6,2	9 37	14 32	19 20	
20. cs 264.	5 28	11 37	17 45	43,4	+6,5	10 50	15 30	20 06	
21. p 265.	5 29	11 37	17 43	43,0	+6,9	11 58	16 30	21 00	
22. sz 266.	5 30	11 36	17 41	42,6	+7,2	12 58	17 29	22 02	● 20 41
23. v 267.	5 32	11 36	17 39	42,2	+7,6	13 48	18 26	23 09	
39. hét									
24. h 268.	5 33	11 35	17 37	41,8	+7,9	14 29	19 21	–	
25. k 269.	5 34	11 35	17 35	41,4	+8,3	15 03	20 12	0 19	
26. sz 270.	5 36	11 35	17 33	41,0	+8,6	15 33	21 01	1 29	
27. cs 271.	5 37	11 34	17 31	40,6	+9,0	15 59	21 48	2 39	
28. p 272.	5 39	11 34	17 29	40,2	+9,3	16 24	22 34	3 47	
29. sz 273.	5 40	11 34	17 27	39,9	+9,6	16 48	23 18	4 54	
30. v 274.	5 41	11 33	17 25	39,5	+10,0	17 12	–	6 00	○ 4 19

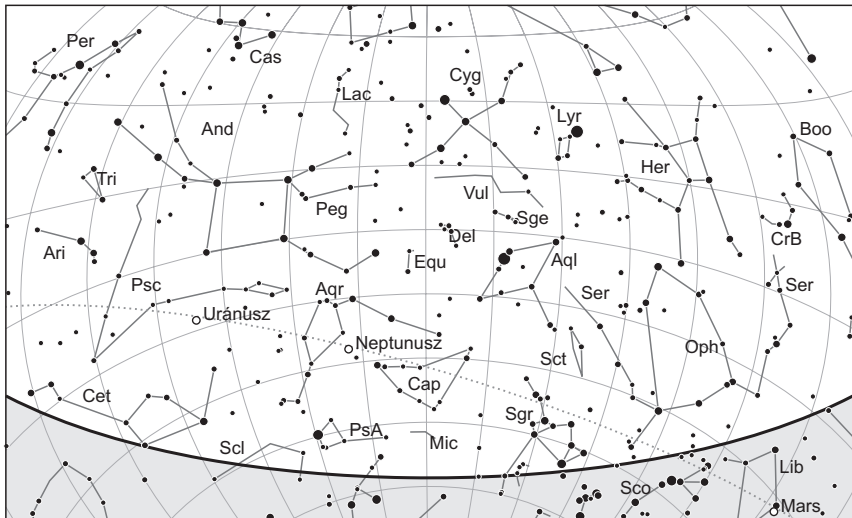
A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát kell adni.

szeptember

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 456 172	22 42 14	Egyed, Egon, Ignác, Izabella, Noémi, Tamara
2.	2 456 173	22 46 10	Rebeka, Dorina, Ella, Ingrid, István, Margit, Teodóra
3.	2 456 174	22 50 07	Hilda, Gergely, Gergő
4.	2 456 175	22 54 04	Rozália, Ida, Róza, Rózsa
5.	2 456 176	22 58 00	Viktor, Lőrinc, Albert
6.	2 456 177	23 01 57	Zakariás, Bea, Beáta, Csanád, Ida
7.	2 456 178	23 05 53	Regina, Dusán, István, Menyhért
8.	2 456 179	23 09 50	Mária, Adrienn, Adorján, Adrián, Adriána, Irma
9.	2 456 180	23 13 46	Ádám, Péter
10.	2 456 181	23 17 43	Nikolett, Hunor, Erik, Miklós, Nikola, Noémi, Zalán
11.	2 456 182	23 21 39	Teodóra, Emil, Helga, Jácint, Milán
12.	2 456 183	23 25 36	Mária, Ibolya, Irma
13.	2 456 184	23 29 33	Kornél, János, Lujza
14.	2 456 185	23 33 29	Szeréna, Roxána
15.	2 456 186	23 37 26	Enikő, Melitta, Katalin, Loránd, Lóránt, Mária, Roland
16.	2 456 187	23 41 22	Edit, Ditta, Kornél, Kornélia, Lúcia, Soma
17.	2 456 188	23 45 19	Zsófia, Ildikó, Róbert
18.	2 456 189	23 49 15	Diána, József, Richárd
19.	2 456 190	23 53 12	Vilhelmina, Emília, Mária, Szabolcs, Tivadar, Vilma
20.	2 456 191	23 57 08	Friderika, Frida, Zsuzsa, Zsuzsanna
21.	2 456 192	0 01 05	Máté, Ildikó, Míra, Mirella
22.	2 456 193	0 05 02	Móric, Írisz, Ottó, Tamás
23.	2 456 194	0 08 58	Tekla, Ildikó, Ilona
24.	2 456 195	0 12 55	Gellért, Mercédesz, Gerda, Mária
25.	2 456 196	0 16 51	Eufrozina, Kende, Miklós, Nikolett, Nikoletta
26.	2 456 197	0 20 48	Jusztina, Dániel
27.	2 456 198	0 24 44	Adalbert, Albert, Károly, Vince
28.	2 456 199	0 28 41	Vencel, Bernát, Jusztina
29.	2 456 200	0 32 37	Mihály, Gábor, Gabriella, Rafael
30.	2 456 201	0 36 34	Jeromos, Felícia, Hunor, Örs, Viktor, Zsófia

14. A bizánci naptár 7521. évének kezdete

16. A zsidó naptár 5773. évének kezdete



A déli égbolt szeptember 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Bolygók

Merkúr: A hónap elején még egy órával kel a Nap előtt, a keleti látóhatár felett kereshető. Láthatósága azonban gyorsan romlik, amint közeledik a Naphoz, és fokozatosan belevész a reggeli fénybe. 10-én már felső együttállásban van a Nappal. A hónap végén ismét lehet próbálkozni a keresésével napnyugta után, de láthatósága igen kedvezőtlen, alig fél órával a Nap után lenyugszik.

Vénusz: A hajnali ég feltűnő égiteste, magasan ragyog a keleti égen. A hónap elején majdnem négy órával kel a Nap előtt, ez az érték a hónap végén is több mint három és fél óra. Fényessége $-4,2^m$ -ról $-4,1^m$ -ra, átmérője $20''$ -ről $15,9''$ -re csökken, fázisa $0,59$ -ről $0,7$ -re nő.

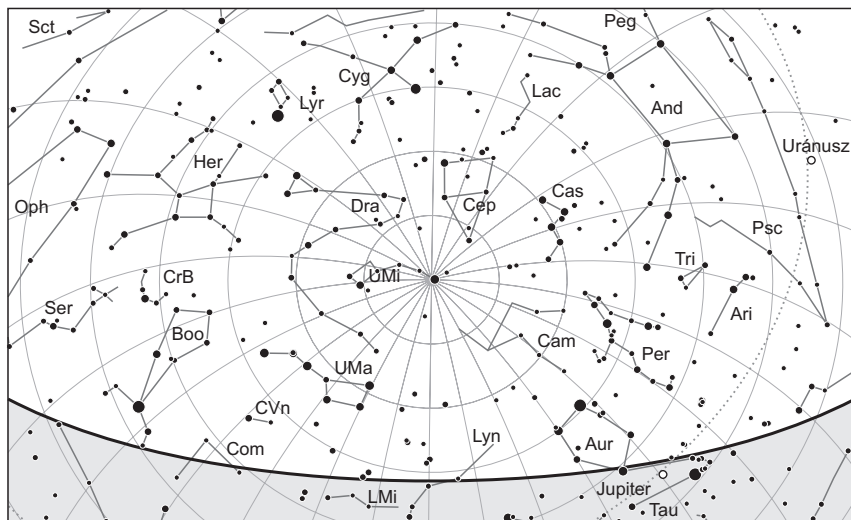
Mars: Előretartó mozgást végez a Szűz, majd a Mérleg csillagképben. Este látható a délnyugati ég alján, másfél órával nyugszik a Nap után. Fényereje $1,2^m$, átmérője lassan csökken, $5,2''$ -ről $4,8''$ -re.

Jupiter: Előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. Éjfél előtt kel, az éjszaka második részében feltűnően látszik a keleti-délkeleti égen. Fényessége $-2,4^m$, átmérője $41''$.

Szaturnusz: Előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Alkonyat után nyugszik, még kereshető napnyugta után a nyugati látóhatár közelében. Fényessége $0,7^m$, átmérője $16''$.

Uránusz: Egész éjszaka látható a Cet, majd 16-ától a Halak csillagképben. 29-én szembenállásban van a Nappal.

Neptunusz: Az éjszaka első felében figyelhető meg a Vízöntő csillagképben. Kora hajnalban nyugszik.



Az északi égbolt szeptember 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Eseménynaptár (UT)

Dátum Időpont Esemény

- | | | |
|--------|-------|--|
| 09.01. | 20:34 | A Hold mögül kilép a 15 Piscium (6,6 ^m , 98,1%-os, csökkenő holdfázis) |
| 09.01. | 23:15 | Két Jupiter-hold (Io és Europa) árnyéka látszik a bolygó korongján 23:21 UT-ig |
| 09.03. | 2:51 | A Hold mögül kilép az 51 Piscium (5,7 ^m , 93,2%-os, csökkenő holdfázis) |
| 09.03. | 6:53 | A (11) Parthenope kisbolygó oppozícióban (8,6 ^m látszó fényesség, Aquarius csillagkép) |
| 09.07. | 0:58 | A Hold minimális librációja ($l = -0,06^\circ$, $b = -0,06^\circ$) |
| 09.07. | 3:02 | A hajnali szürkületben az 63,3%-os, csökkenő fázisú Holdtól 4,6°-ra északra a Fiastyúk (M45 nyílthalmaz) |
| 09.07. | 3:19 | A (236) Honoria kisbolygó (11,2 ^m) elfedi a TYC 0590-00068-1-et (10,9 ^m) |
| 09.07. | 5:58 | A Hold földtávolban (földtávolság: 404 257 km, látszó átmérő: 29'34'', 62,2%-os, csökkenő holdfázis) |
| 09.08. | 3:03 | A reggeli szürkületben a (2) Pallas kisbolygó (8,6 ^m) a 13 Cet-től 3'51"-re északnyugatra |
| 09.08. | 3:41 | A hajnali szürkületben az 53,8%-os, csökkenő fázisú Holdtól 3,7°-kal keletre a Jupiter bolygó |
| 09.08. | 13:15 | Utolsó negyed (a Hold a Taurus csillagképben) |
| 09.09. | 3:54 | A Hold eléri legnagyobb deklinációját 20,8°-nál (44,2%-os, csökkenő holdfázis) |

Dátum Időpont Esemény

09.09.	16:15	A Merkúr bolygó eléri legnagyobb látszó fényességét, $-1,7$ magnitúdót (a bolygó látszó átmérője $4,9''$, fázisa $99,8\%$)
09.09.	23:12	A (10) Hygiea kisbolygó ($10,1^m$) a 46 Cap-tól $2'23''$ -re délre
09.10.	3:06	A reggeli szürkületben a Vénusz bolygó a 20 Cnc-től ($5,9^m$) $19'16''$ -re délnyugatra
09.10.	15:13	A Merkúr bolygó felső együttállásban a Nappal (a Naptól $1,6^\circ$ -ra)
09.12.	1:32	A Vénusz bolygó a θ Cnc-től ($5,3^m$) $22'47''$ -re délre
09.12.	3:47	A hajnali szürkületben a $17,6\%$ -os, csökkenő fázisú Holdtól $6,3^\circ$ -kal északkeletre a Vénusz bolygó
09.13.	2:19	A Hold nyugati librációja ($l = -5,76^\circ$, $b = 6,36^\circ$)
09.13.	2:20	A hajnali szürkületben a $10,8\%$ -os, csökkenő fázisú Holdtól $1,3^\circ$ -ra nyugatra az M67 nyílthalmaz
09.13.	2:30	A Hold mögül kilép a 60 Cancri ($5,8^m$, $10,8\%$ -os, csökkenő holdfázis)
09.13.	2:58	A Hold mögé belép az α Cancri (Acubens, $4,3^m$, $10,6\%$ -os, csökkenő holdfázis), kilépés 03:20 UT-kor
09.13.	3:11	A hajnali szürkületben a Vénusz bolygótól $2,3^\circ$ -ra északkeletre az M44 nyílthalmaz (Praesepe)
09.13.	17:06	A Hold maximális librációja ($l = -5,68^\circ$, $b = 6,56^\circ$)
09.13.	18:07	Az esti szürkületben a Neptunusz bolygó a 40 Aqr-től ($6,9^m$) $14'31''$ -re északra
09.14.	3:49	46 óra 21 perces holdsarló $13,4^\circ$ magasan a hajnali égen (a Vénusz bolygótól $19,8^\circ$ -ra délkeletre)
09.14.	7:14	A Hold északi librációja ($b = 6,62^\circ$, $l = -5,47^\circ$)
09.15.	3:14	A reggeli szürkületben a (9) Metis kisbolygó ($10,6^m$) a 4 Gem-től $3'30''$ -re délre
09.15.	3:51	22 óra 20 perces holdsarló $2,2^\circ$ magasan a hajnali égen (a Vénusz bolygótól $32,1^\circ$ -ra délkeletre)
09.16.	2:11	Újhold (a Hold a Leo csillagképben)
09.16.	18:33	A (3) Juno kisbolygó ($11,4^m$) az 50 Lib-től $51''$ -re délre
09.17.	22:50	Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 2012,09,18, 01:14 UT-kor
09.18.	17:20	Az esti szürkületben a $9,3\%$ -os, növekvő fázisú Holdtól $6,2^\circ$ -kal északra a Szaturnusz bolygó
09.19.	2:40	A Hold földközeli (földtávolság: $365\,774$ km, látszó átmérő: $32'40''$, $12,1\%$ -os, növekvő holdfázis)
09.19.	17:18	Az esti szürkületben a $17,1\%$ -os, növekvő fázisú Holdtól $2,5^\circ$ -kal keletre a Mars bolygó
09.19.	17:41	Az esti szürkületben a Hold mögé belép a 10 Librae ($6,4^m$, $17,2\%$ -os, növekvő holdfázis)
09.20.	3:20	A Hold minimális librációja ($l = 1,00^\circ$, $b = 0,72^\circ$)
09.21.	16:37	A Hold eléri legkisebb deklinációját $-22,0^\circ$ -nál ($37,2\%$ -os, növekvő holdfázis)
09.21.	20:31	A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 22:31 UT-kor
09.22.	14:49	Őszi napéjgyenlőség

Dátum Időpont Esemény

09.22.	19:41	Első negyed (a Hold a Sagittarius csillagképben)
09.23.	3:26	A reggeli szürkületben az Uránusz bolygó a 44 Psc-től (5,8 ^m) 1'5"-re keletre
09.24.	3:51	A (2) Pallas kisbolygó oppozícióban (8,2 ^m látszó fényesség, Cetus csillagkép)
09.25.	1:24	Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 03:48 UT-kor
09.25.	16:21	A (79) Eurynome kisbolygó oppozícióban (9,6 ^m látszó fényesség, Pisces csillagkép)
09.26.	3:29	A Vénusz bolygó a 7 Leo-tól (6,3 ^m) 11'11"-re délre
09.26.	22:24	A 89,2%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől a 46 Cap (5,1 ^m) 2'4"-re délkeletre
09.27.	1:22	A Hold déli librációja ($b = -6,62^\circ$, $l = 5,56^\circ$)
09.27.	2:54	A Hold maximális librációja ($l = 5,56^\circ$, $b = -6,62^\circ$)
09.27.	5:59	A Hold keleti librációja ($l = 5,56^\circ$, $b = -6,62^\circ$)
09.28.	16:37	Uránusz bolygó eléri legnagyobb látszó fényességét, 5,7 magnitúdót (a bolygó látszó átmérője 3,7'', Pisces csillagkép)
09.29.	0:30	Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 02:31 UT-kor
09.29.	1:10	A Hold mögé belép a 9 Piscium (6,3 ^m , 98,6%-os, növekvő holdfázis)
09.29.	1:38	A 98,7%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől a κ Psc (4,9 ^m) 46"-re északnyugatra
09.29.	7:15	Az Uránusz bolygó oppozícióban (5,7 ^m látszó fényesség, 3,7" látszó átmérő, Pisces csillagkép)
09.30.	3:19	Telehold (a Hold a Pisces csillagképben)
09.30.	17:31	Az esti szürkületben a (44) Nysa kisbolygó (11,8 ^m) az M21 nyílthalmaztól (5,9 ^m) 20,3'-re északra

Üstökösök

185P/Petrew. A napközelségén túljutó üstökös bolygónktól is gyorsan távolodik, így fényessége 11,5 és 13,5 magnitúdó között csökken majd, miközben a Gemini csillagkép-ből a Canceren keresztül a Hydra határáig jut. Mivel pályája, amelyre 1982-ben a Jupiter gravitációs tere lendítette, 0,062 CSE-re megközelíti a földpályát, a jövőben egy új meteorraj születését is várhatjuk az égitestről.

C/2011 F1 (LINEAR). Egyre alacsonyabb deklinációja és csökkenő elongációja miatt láthatósága folyamatosan romlik, ebben a hónapban már csak közvetlenül napnyugta után kereshető a Bootes, majd a hónap végén a Serpens Caput csillagképben. Mivel földtávolsága növekszik, naptávolsága pedig alig csökken, 11 magnitúdó körüli fényessége csak kismértékben emelkedik. Megtalálását segítheti, hogy 5-én este 25 ívperccel keletre fog látszani a π^1 - π^2 Bootis kettőscsillagtól, amelynek tagjai 5,6 ívmásodpercre látszanak egymástól.

A Vénusz a Jászolban

Szeptember 12-én hajnal előtt a keleti égen a Rák csillagképben az M44-es (Jászol) halmaztól alig 2 fokra látszik a Vénusz és tőle mintegy 7 fokra a fogyó Hold, 14-én pedig az Oroszlánban, a Regulus mellett kel fel a sarló.

Jupiterhold-jelenségek szeptemberben

Szeptember 1-jén éjjel a Jupiteren látható az Io árnyéka, a bolygó így kel fel. 22:32 körül maga a holdkorong is belép a Jupiter elé. 23:15-kor az Io árnyéka már messze a bolygó nyugati pereme körül jár, de még látható, amikor az Europa árnyéka keleten az óriásbolygó légkörének felső részére vetül. Öt percen keresztül a két hold árnyéka egyszerre figyelhető meg a Jupiteren, az Ioé 23:20-kor levonul. Másnap, 2-án hajnalban 00:41-kor vonul le az Io korongja, és 01:38-kor az Europa árnyéka az óriásbolygóról, ám 02:02-kor az Europa kúszik be a Jupiter elé.

Keressük az Uránuszt!

Az 5,8 magnitúdós Uránusz a legtávolabbi planéta, amelyet jó körülmények közt szabad szemmel megpillanthatunk. Szeptember 23-án a reggeli szürkületben a hasonló fényességű, 5,8 magnitúdós 44 Piscium mellett halad el, attól 1'5"-cel keletre. Oppozíciója szeptember 29-án következik be, fényessége 5,8 magnitúdó, látszó átmérője 3,7", delelési magassága 40 fok. Korongja nagy nagyítással észlelhető, színét az észlelőtől és műszertől függően kékes vagy zöldes árnyalattal jellemzik. Holdjai közül a legkülső Oberon észlelése a legkönnyebb, ám ehhez is legalább 20 centiméteres távcső szükséges. A közelebb keringő Titania és Umbriel megfigyelése már nehezebb, míg a legbelső Ariel már az észlelhetőség határán van. Vizuálisan nehéz a megfigyelésük, de kellemes észlelési élménnyel gazdagítják a műszertulajdonost. CCD-vel, webkamerával történő megörökítésük jó nyugodtságot, nagy tapasztalatot és pontos feldolgozást igényel.

The diagram illustrates the trajectory of Uranus across the celestial sphere. A diagonal line represents the path, with tick marks indicating monthly positions from July (júl.) to January (jan.). The path starts near the constellation Cetus (Cet) and moves towards Piscium (Psc). The months labeled along the path are: júl., aug., szept., jún., máj., okt., nov., apr., dec., márc., febr., and jan. The constellation Piscium is shown in the upper right, and Cetus is in the lower left.

Cassini-kráter

Az 57 kilométeres Cassini-kráter az egyik legérdekesebb alakzat a Holdon. A Mare Imbrium keleti szélénél, a Montes Caucasustól nyugatra, közel a holdbéli Alpok déli végződéséhez találjuk ezt a félig elsüllyedt krátert, mely minden bizonnyal a Mare Im-



A Cassini-kráter és a Montes Caucasus vonulatai Kónya Zsolt 2010. 03. 24-én készült felvételén.

rium medencéjét létrehozó becsapódás után, de még a bazaltos lávával való feltöltődés előtt keletkezett. A Cassini belsejét is teljesen kitölti a láva, hasonlóan a közeli, 83 kilométeres Archimedeshez. A kráter legmélyebb pontja, amit a sáncfal legmagasabb pontjától mérünk, alig 1200 méter. Ami igazán látványossá teszi a Cassinit, az a jókora méretű két másodlagos kráter a krátertalapzaton. A nagyobbik a 15 kilométeres Cassini A, a kráterfenék északkeleti felén található, míg a kisebbik, a Cassini B, a délnyugati sánc mellett fekszik. Ez utóbbi csak 9 km átmérőjű. Ha legalább 10 cm-es átmérőjű távcsővel észlelünk, akkor a két kis kráter között, közvetlenül az A jelű délnyugati sáncánál három apró csúcsot láthatunk.

Elképzelhető, hogy ez a három piciny csúcs, az egykori központi csúcs maradványa. A Cassini A önmagában is rendkívül érdekes, valójában kettős kráter. Nagytávcsöves megfigyelések és űrszondás felvételek feltárták a Cassini A-kráter titkát. A két, egyébként teljesen összeolvadó kráter között a krátertalapzaton egy alacsony, egyenes fal húzódik, ráadásul a Cassini A keleti fele kissé sekélyebb a nyugatinál. Valószínűleg egy kettős égitest becsapódása hozta létre ezt a krátert, jóval a fő kráter és a kisebb B-kráter keletkezése után. Földi lövedékes kísérletek is igazolták, hogy a pontosan egy időben és közvetlenül egymás mellett becsapódó égitestek, a kráterképződés kivájtási szakaszában, egyenes törmelékfüggönyt hoznak létre a keletkező kráterek között, ami a felszínre hullva egy alacsony, egyenes vonalú hegyhátat hoz létre. Szép példa erre a szerkezetre a Cassini A-n kívül, a Bessarion B-kráter, amit a Mare Imbrium nyugati szélén találunk. A Cassini A fiatalabb, mint a kisebb társa a Cassini B, amit bizonyít a jóval nagyobb fényvisszaverő képessége magasabb holdfázisnál.

A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
9 1	20	34	0	ki	3477 15 Psc	6,5	98 –	30	84 D	227	+0,8	+2,0
9 3	2	50	33	ki	68 51 Psc	5,8	93 –	39	59 D	210	+0,9	+1,3
9 3	21	1	2	ki	173	6,5	89 –	27	57 É	278	+0,9	+1,3

Dátum	UT	J	Csillag	Hold	Pozíció	Korrekcio
hó nap	h m s		ZC/SAO név m	fázis h	CA PA	A B
9 8	2 55 19	ki	700 HU Tau	5,9	54 – 59	65 É 287 +1,9 –0,1
9 9	0 13 30	ki	808	6,8	45 – 28	77 D 253 +0,3 +1,9
9 9	3 0 2	ki	826	7,1	44 – 54	45 D 222 +1,2 +3,4
9 10	2 3 50	ki	95544	7,7	35 – 37	86 D 267 +0,9 +1,5
9 10	2 32 0	ki	95562	8,3	35 – 42	81 É 280 +1,1 +1,0
9 10	2 52 34	ki	971	7,3	35 – 45	87 É 274 +1,2 +1,1
9 10	3 6 8	ki	95586	7,8	35 – 47	47 D 228 +1,0 +3,2
9 11	0 17 56	ki	96538	7,4	27 – 11	59 É 306 +0,2 +0,5
9 11	0 41 0	ki	96564	8,3	26 – 15	60 D 245 –0,1 +2,1
9 11	0 55 47	ki	96573	8,2	26 – 17	72 É 293 +0,3 +0,8
9 11	2 58 59	ki	96647	8,3	26 – 37	63 D 248 +0,8 +2,3
9 12	2 31 54	ki	97536	8,5	17 – 23	83 É 285 +0,5 +1,0
9 12	3 19 8	ki	97556	7,6	17 – 30	69 É 299 +0,8 +0,5
9 13	2 30 27	ki	1332 60 Cnc	5,4	10 – 12	62 D 251 +0,0 +2,1
9 13	2 57 33	be	1341 α Cnc	4,3	10 – 16	–28 É 37 –0,2 +5,2
9 13	3 20 22	ki	1341 α Cnc	4,3	10 – 20	15 É 354 +0,8 –3,4
9 19	17 40 44	be	2120 10 Lib	6,3	17 + 5	55 É 74 +0,6 –1,1
9 25	21 30 51	be	3051	6,9	81 + 23	81 D 87 +1,4 –0,9
9 26	22 11 31	be	3184	7,0	89 + 27	34 D 132 +3,2 –4,6
9 28	22 22 22	be	3444	6,3	98 + 42	60 D 112 +2,5 –1,6
9 29	1 9 45	be	3455 9 Psc	6,3	99 + 25	45 É 38 +0,7 +0,4

Évforduló

300 éve hunyt el Giovanni Domenico Cassini

Giovanni Domenico (Jean Dominique) Cassini (1625. június 8. – 1712. szeptember 14.) itáliai–francia matematikus, csillagász, mérnök, a csillagászdinasztia első tagja a Genovai Köztársaság polgáraként Perinaldo-ban (San Remo közelében) született.

Nagybátyja mellett nevelkedett. A genovai Jezsuita Kollégiumban majd San Fructuosóban tanult. Különös érdeklődést mutatott a költészet, a matematika és a csillagászat iránt. Mégis először az asztrológia izgatta leginkább. Azonban hamar meggyőződött róla, hogy nincs igazságtartalma az asztrológiai jóslatoknak. Ennek ellenére, első alkalmazását is kiterjedt asztrológiai ismereteinek köszönhette: egy bolognai szenátor – akit nagyon érdekelt az asztrológia – ajánlott neki pozíciót a Panzanói Obszervatóriumban. 1648-ban kezdi meg észleléseit a mecénás támogatásából beszerzett műszerekkel. Ez fontos időszak volt Cassini számára: két jezsuita tudóstól (Riccioli és Grimaldi) sokat tanult. 1650-től a Bolognai Egyetemen a matematika és csillagászat professzora.

Észleli az 1652/53. évi üstökösöt, és az arról publikált eredményekből vált ismertté, hogy ekkoriban még a Föld-középpontú világképben hitt. Habár tudta, hogy az üstökösök a Szaturnusznál távolabbiak, úgy gondolta, hogy ennek ellenére a Földből erednek.

Észlelései alapján végül elfogadta Tycho Brahe világképét, és 1659-ben bemutatott egy olyan Föld-középpontú modellt, amelyben a Nap és a Hold ugyan a Föld körül keringenek, de a többi bolygó a Nap körül! Később elfogadja a kopernikuszi modell egy verzióját.

A kiváló római optikus, Giuseppe Campani által készített refraktorral egész sor új felfedezést tesz: 1664 júliusában felfedezi a Jupiter sávjait és foltjait, megméri a bolygó tengelyforgási idejét. 1666-ban a Mars tengelyforgási idejét is meghatározza (ami mind-

össze 3 perccel tér el a valós értéktől). Hosszú időn keresztül észleli a Jupiter holdjait, és felismeri, hogy szisztematikus eltérések vannak az adatokban, amiket először a fény véges sebességének tulajdonít. A magyarázatot azonban elveti. A sors ironiája, hogy Römer a fénysebesség kiszámításához éppen Cassini adatait használja fel...

XIV. Lajos 1668-ban meghívja Párizsba. 1671-ben a Párizsi Obszervatórium igazgatója lesz, két év múlva francia állampolgárrá válik. 1674-ben megnősül, felesége Geneviève de Laistre, akitől két gyermeke születik. A fiatalabb, Jacques Cassini később szintén csillagász lesz, és apjától veszi át a Párizsi Obszervatórium vezetését.

A párizsi csillagvizsgálóban folytatja észleléseit, például felfedezi a Szaturnusz négy holdját, és a gyűrűt kettéosztó rést. Figyelemre méltó módon a gyűrűt helyesen a bolygó körül keringő nagyszámú piciny holdnak tulajdonítja. Elkészíti a

Hold részletes térképét. Akkoriban a Jupiter-holdak jelenségeiről készített táblázatait használták a tengeri utazások során és távoli földrészekén lévő helyek földrajzi hosszúságának meghatározásához. Elsőként határozta meg Franciaország pontos méretét, ami sokkal kisebbnek adódott, mint a korábbi becslések alapján ismert érték (innen származik XIV. Lajos, a „Napkirály” mondása, miszerint több területet vett el tőle Cassini, mint amennyit az összes, általa viselt háború során veszített el...)

A párizsi mérési adatokat Jean Richter Mars-méréseivel kombinálva elsőként tudták meghatározni a Nap pontos parallaxisát.

Cassini egészségi állapota miatt 1709-től fokozatosan fia veszi át a Párizsi Obszervatórium vezetését. 1711-re szinte teljesen megvakul, és rövidesen meghal.

Emlékezet: Holdkráter: fiával megosztva viseli a nevét az É 40,2°, K 4,6°, D = 57 km, 1,2 km mély kráter. Marskráter: É 23,8°, Ny 327,9°, D = 415 km. Kisbolygó: 24101 Cassini (1999VA9 – fővbeli kisbolygó). Továbbá egy utca Párizsban, a Szaturnusz gyűrűjének széles elválasztó sávja, és a Szaturnusz körül jelenleg is működő űrszonda is a nevét viseli.



150 éve született Kövesligethy Radó

Kövesligethy Radó (Verona, 1862. szeptember 1. – Budapest, 1934. október 11.) csillagász, geofizikus, az MTA tagja.

Gimnáziumi tanulmányait Pozsonyban végezte, tizenhét évesen már Konkoly Thege Miklós mellett dolgozott a nyári szünidőben. A Bécsi Egyetemre történő jelentkezésekor már három tucatnyi idegen nyelvű cikke volt. Olyan korabeli nagyságoktól tanult, mint például fizikát Joseph Stefanól (a Stefan–Boltzmann-törvény egyik megalkotójától), Theodor von Oppolzernél klasszikus csillagászatot, Edmund Weissnél pedig asztrofizikát. Doktori disszertációjának címe *Egy matematikai spektrálanalízisre alapozott elméleti asztrofizika alapjai*.

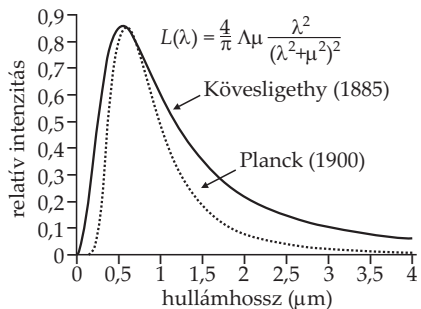
A sugárzó testek színképeinek jellegzetességeivel mintegy 15 éven keresztül foglalkozott: megkísérelte a sugárzó test hőmérsékletének és a folytonos színkép hullámhossz szerinti fényességeloszlásának összefüggését kimutatni (1884), az általa levezetett képlet

magában foglalja a Wien-féle eltolódási törvényt – de mintegy 8 évvel Wien előtt jutott erre az eredményre. A tudománytörténet érdekes ténye, hogy Friedrich Paschen (akiről a hidrogén színképeinek egyik sorozatát is elneveztek) egy 1895-ben megjelent cikkében megfigyelési úton igazolta Kövesligethy elméleti feltevését a folytonos színképek maximális intenzitáshoz tartozó hullámhosszának a hőmérséklettel fordított arányosságát. Wien neve még csak fel sem merült a cikkben. 1900-ban Otto Lummer (Wilhelm Wien közvetlen munkatársa) egy cikkben leírja, hogy a Wien nevével fémjelzett eltolódási törvényt Kövesligethy már sok évvel Wien előtt felfedezte (sőt, még egy 1918-ban megjelent könyvében is megerősíti ezt az állítást!) – úgyhogy nehezen hihető, hogy Wien ne tudott volna Kövesligethy eredményeiről. 1911-ben az eltolódási törvény felfedezéséért megítélt fizikai Nobel-díjat Wien kapta... A kvantummechanika megszületésére így Wien és Planck hatása kimutatható, Kövesligethy elmélete pedig sajnos feledésbe merült. Hans Kangro német szerző a Planck-féle sugárzási törvény előéletéről 1970-ben írt könyvében mindenesetre Kövesligethy-t a törvény előfutárai között sorolja fel.

Kövesligethy később elméletét továbbfejlesztve még megkísérelte a csillagok hőmérsékletének meghatározását is (1890), és a világon először kapott reális értékeket az alacsony hőfokú csillagok felszíni hőmérsékletére.

1883-tól az ógyallai csillagvizsgáló fizetett megfigyelője. Spektrálfotométert szerkeszt, meghatározza a Nap térbeli mozgását csillagok radiális sebességeinek méréseiből (a világon elsőként alkalmazva ezt az ötletet). A spektroszkópia csillagászati alkalmazására vonatkozó számos más elgondolását is külföldön valósították meg. 1885-ben részt vesz a kiskertali csillagvizsgáló műszerekkel történő felszerelésében, és augusztus 22-én többedmagával felfedezi az Androméda-galaxisban felvillant szupernóvát, de nem ismerte fel a dolog jelentőségét.

1887-ben lesz a Királyi Tudomány Egyetem Kísérleti Fizika Tanszékének tanársegédje. A kezdetektől részt vesz az Eötvös-inga próbáin és annak első terepi alkalmazá-





Kövesligethy Radó mellszobra az ELTE aulájában.

sain. 1889-től magántanár, majd a 1894-től a kozmográfia vezető tanára. 1895-től a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja (1909-ben rendes taggá választják). 1906-ban megalakítja a Budapesti Tudományegyetem (az ELTE elődjének) Földrendési Számoló Intézetét és a Földrendési Obszervatóriumot, 1911-ben pedig a Kozmográfiai Intézetet (mindnek maga volt az első igazgatója is). Ebben az időben már főleg földrendéskutatással foglalkozott, akadémiai székfoglalójának is ez volt a témája. Kidolgozta a földrendés erősségének számszerű, egzakt definiálási skáláját, majd először adott matematikai módszert a földrendések fészekmélységének kiszámítására. Megszervezte a hazai szeizmológiai észlelőhálózatot. Munkája elismerésül a Nemzetközi Szeizmológiai Társaság főtítkárává választotta. Élete végéig a földrendések előrejelzésének lehetőségeit kutatta.

Az asztrofizika és a földrendéstan (szeizmológia) terén egyaránt az elméleti kutatások úttörői közé tartozik, a hazai csillagászati oktatás nemzetközi színvonalra emelésében pedig kulcsszerepet

játszott. 1919-ben azzal vádolták, hogy együttműködött a Tanácsköztársaság kormányával, ezért 1924-ig nem taníthatott. Nagy nyelvismerete révén széles körű nemzetközi kapcsolatokat épített ki, és tudománynépszerűsítő szorgalmával a nagyközönségnek is nyújtott megbízható tudományos tájékoztatást. Ismeretterjesztő írásai a *Természettudományi Közlönyben*, az *Uraniában*, a *Stella Almanachban* és más lapokban jelentek meg. Egyike az *Uránia* Ismeretterjesztő színház (és egyesület) megalapítóinak, majd 1923-ban a *Stella Csillagászati Egyesület* egyik alapítója. Magánéletében szívesen foglalkozott szépirodalommal. Sok méltánytalanság érte, a sérelmeken mély humánuma segítette át.

Emlékezet: nevét egy kisbolygó, a 117713 Kövesligethy (2005 GG1) viseli, amely 2005. április 2-án Sárneczky Krisztián által a Piszkestetői Obszervatóriumban felfedezett főöbveli égitest.

Irodalom: *Kövesligethy Radó és az asztrofizika kezdetei Magyarországon* (szerk. Szabados László), Konkoly Observatory Monographs, No. 8. 2011

Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
1	3:31,3	Io	mv
	22:31,6	Io	ek
	23:15,2	Europa	ák
2	23:20,6	Io	áv
	0:40,7	Io	ev
	1:38,0	Europa	áv
	2: 2,1	Europa	ek
3	22: 0,1	Io	mv
	22:41,7	Ganymedes	ák
	22:47,0	Europa	mv
4	0:38,2	Ganymedes	áv
8	1:51,5	Io	fk
	23: 5,0	Io	ák
9	0:25,2	Io	ek
	1:14,1	Io	áv
	1:52,1	Europa	ák
	2:34,3	Io	ev
10	23:54,1	Io	mv
	21: 2,5	Io	ev
	22:39,5	Europa	fv
	22:58,9	Europa	mk
11	1:20,7	Europa	mv
	2:40,8	Ganymedes	ák
14	22: 4,2	Ganymedes	mk
	23:59,2	Ganymedes	mv
15	3:45,6	Io	fk
16	0:58,5	Io	ák
	2:17,8	Io	ek
	3: 7,6	Io	áv
	22:14,2	Io	fk
	1:47,0	Io	mv
17	20:45,8	Io	ek
	21:36,0	Io	áv
	22:50,0	Europa	fk
	22:54,9	Io	ev
18	1:13,6	Europa	fv
	1:30,8	Europa	mk

nap	UT h:m	hold	jelenség
18	3:52,5	Europa	mv
	20:15,1	Io	mv
19	20: 9,9	Europa	áv
	20:30,2	Europa	ek
	22:50,9	Europa	ev
21	20:30,6	Ganymedes	fk
	22:31,0	Ganymedes	fv
22	1:56,6	Ganymedes	mk
	3:51,1	Ganymedes	mv
23	2:51,9	Io	ák
24	0: 8,2	Io	fk
	3:38,9	Io	mv
	21:20,2	Io	ák
	22:37,1	Io	ek
25	23:29,6	Io	áv
	0:46,3	Io	ev
	1:24,2	Europa	fk
	3:47,9	Europa	fv
	4: 0,6	Europa	mk
	22: 6,6	Io	mv
26	20:23,5	Europa	ák
	22:46,7	Europa	áv
	23: 1,5	Europa	ek
27	1:22,1	Europa	ev
28	19:36,2	Europa	mv
29	0:29,9	Ganymedes	fk
	2:31,1	Ganymedes	fv

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

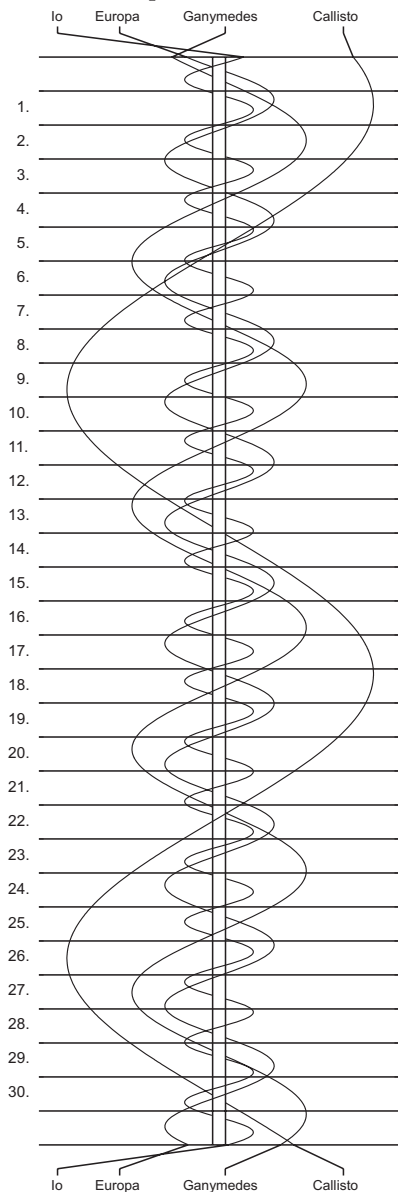
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

m= mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

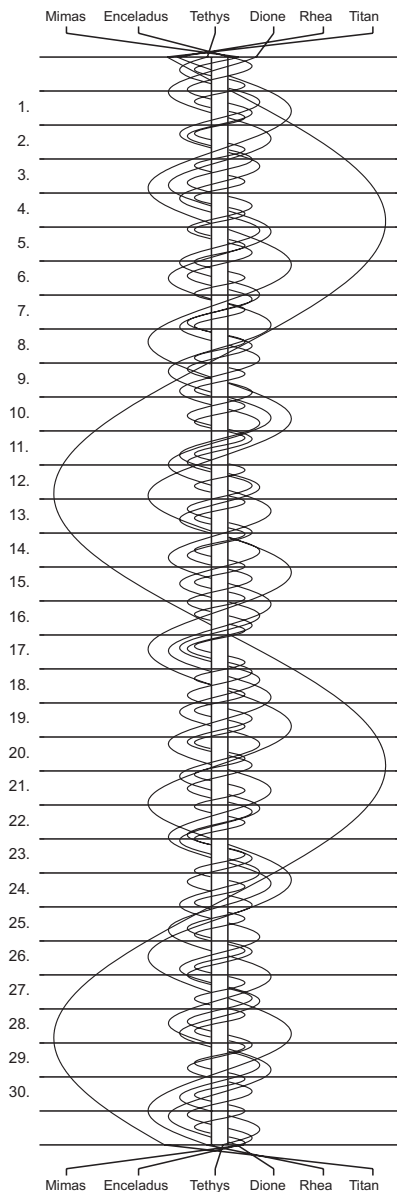
k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége

Jupiter-holdak



Szaturnusz-holdak



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – október**

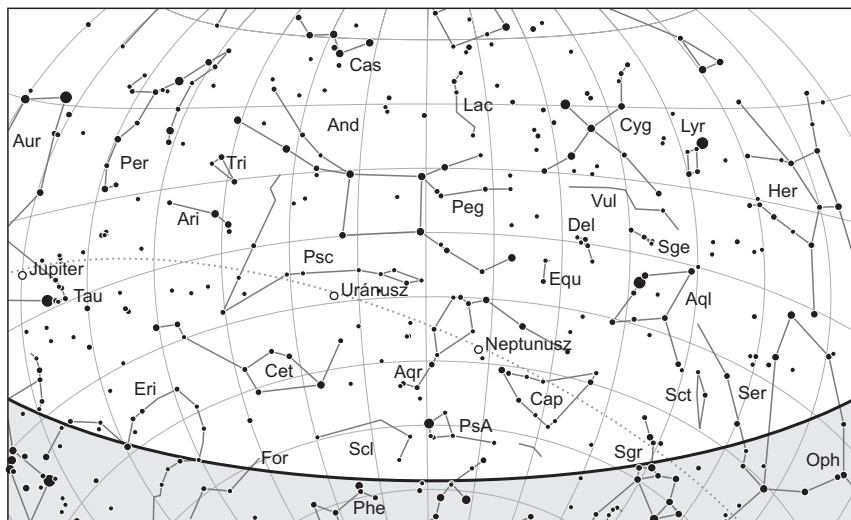
KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			fázis
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	h_d °	E_t m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	
40. hét									
1. h 275.	5 43	11 33	17 23	39,1	+10,3	17 39	0 03	7 05	
2. k 276.	5 44	11 33	17 21	38,7	+10,6	18 08	0 48	8 08	
3. sz 277.	5 45	11 32	17 19	38,3	+10,9	18 41	1 34	9 09	
4. cs 278.	5 47	11 32	17 17	37,9	+11,2	19 19	2 21	10 08	
5. p 279.	5 48	11 32	17 15	37,5	+11,6	20 02	3 09	11 02	
6. sz 280.	5 50	11 32	17 13	37,2	+11,9	20 52	3 57	11 51	
7. v 281.	5 51	11 31	17 11	36,8	+12,1	21 48	4 45	12 34	
41. hét									
8. h 282.	5 52	11 31	17 09	36,4	+12,4	22 48	5 34	13 12	☉ 8 33
9. k 283.	5 54	11 31	17 07	36,0	+12,7	23 52	6 22	13 46	
10. sz 284.	5 55	11 30	17 05	35,6	+13,0	–	7 09	14 16	
11. cs 285.	5 57	11 30	17 03	35,3	+13,2	0 59	7 58	14 44	
12. p 286.	5 58	11 30	17 01	34,9	+13,5	2 09	8 46	15 11	
13. sz 287.	5 59	11 30	16 59	34,5	+13,8	3 22	9 36	15 38	
14. v 288.	6 01	11 29	16 58	34,1	+14,0	4 37	10 27	16 06	
42. hét									
15. h 289.	6 02	11 29	16 56	33,8	+14,2	5 55	11 21	16 38	☀ 13 02
16. k 290.	6 04	11 29	16 54	33,4	+14,4	7 13	12 18	17 15	
17. sz 291.	6 05	11 29	16 52	33,0	+14,6	8 31	13 18	17 59	
18. cs 292.	6 07	11 29	16 50	32,7	+14,8	9 44	14 19	18 52	
19. p 293.	6 08	11 28	16 48	32,3	+15,0	10 49	15 21	19 53	
20. sz 294.	6 10	11 28	16 46	32,0	+15,2	11 44	16 20	21 00	
21. v 295.	6 11	11 28	16 45	31,6	+15,4	12 28	17 17	22 11	
43. hét									
22. h 296.	6 13	11 28	16 43	31,3	+15,5	13 05	18 09	23 21	☉ 4 32
23. k 297.	6 14	11 28	16 41	30,9	+15,7	13 36	18 59	–	
24. sz 298.	6 16	11 28	16 39	30,6	+15,8	14 03	19 46	0 31	
25. cs 299.	6 17	11 28	16 38	30,2	+15,9	14 28	20 31	1 39	
26. p 300.	6 19	11 28	16 36	29,9	+16,1	14 52	21 16	2 45	
27. sz 301.	6 20	11 27	16 34	29,5	+16,2	15 16	22 00	3 51	
28. v 302.	6 22	11 27	16 33	29,2	+16,2	15 41	22 44	4 55	
44. hét									
29. h 303.	6 23	11 27	16 31	28,9	+16,3	16 09	23 30	5 58	☉ 20 49
30. k 304.	6 25	11 27	16 30	28,6	+16,4	16 41	–	7 00	
31. sz 305.	6 26	11 27	16 28	28,2	+16,4	17 17	0 16	7 59	

A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát kell adni. A téli időszámítás – dőlt betűvel szedve – kezdete október 28-án 2h KÖZEI-kor.

október

nap	Julían dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 456 202	0 40 31	Malvin, Rómeó, Terézia
2.	2 456 203	0 44 27	Petra, Örs, Tamás
3.	2 456 204	0 48 24	Helga, Ignác, Mária, Terézia
4.	2 456 205	0 52 20	Ferenc, Aranka, Hajnalka
5.	2 456 206	0 56 17	Aurél, Attila, Pálma
6.	2 456 207	1 00 13	Brúnó, Renáta, Csaba
7.	2 456 208	1 04 10	Amália, Mária, Márk
8.	2 456 209	1 08 06	Koppány, Bettina, Brigitta, Etelka, Gitta, János, Mária
9.	2 456 210	1 12 03	Dénes, Ábrahám, Ábris, Andor, Elemér, Sára
10.	2 456 211	1 16 00	Gedeon, Dániel, Ferenc, Lajos, Sámuel
11.	2 456 212	1 19 56	Brigitta, Andor, Sándor
12.	2 456 213	1 23 53	Miksa, Rezső
13.	2 456 214	1 27 49	Kálmán, Ede, Fatima, Fatime, Jakab
14.	2 456 215	1 31 46	Helén, Beatrix, Dominik, Domonkos, Livia
15.	2 456 216	1 35 42	Teréz, Aranka, Aurélia, Hedvig, Tekla, Terézia, Vilma
16.	2 456 217	1 39 39	Gál, Ambrus, Aranka, Aurélia, Gellért, Hedvig, Margit
17.	2 456 218	1 43 35	Hedvig, Alajos, Ignác, Margit, Rezső, Rudolf
18.	2 456 219	1 47 32	Lukács, Ambrus
19.	2 456 220	1 51 29	Nándor, Frida, Friderika, Laura, Pál, Péter
20.	2 456 221	1 55 25	Vendel, Cintia, Irén, Irina
21.	2 456 222	1 59 22	Orsolya, Klementina, Zsolt
22.	2 456 223	2 03 18	Előd, Korinna
23.	2 456 224	2 07 15	<i>Nemzeti ünnep</i> ; Gyöngyi, Gyöngyvér, Ignác, János
24.	2 456 225	2 11 11	Salamon, Rafael, Ráhel
25.	2 456 226	2 15 08	Blanka, Bianka, János, Margit
26.	2 456 227	2 19 04	Dömötör, Amanda, Ametiszt, Armand
27.	2 456 228	2 23 01	Szabina
28.	2 456 229	2 26 58	Simon, Szimonetta, Alfréd
29.	2 456 230	2 30 54	Nárcisz, Melinda
30.	2 456 231	2 34 51	Alfonz, Fanni, Kolos, Stefánia
31.	2 456 232	2 38 47	Farkas, Kristóf



A déli égbolt október 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Bolygók

Merkúr: A hónap nagy részében megfigyelésre kedvezőtlen helyzetben van, október végén is csak háromnegyed órával nyugszik a Nap után. 26-án van legnagyobb keleti kitérésben, $24,1^\circ$ -ra a Naptól. Ekkor nagyobb esély van a megpillantására a nyugati látóhatár felett.

Vénusz: A hajnali égbolt feltűnő égiteste, magasan ragyog a keleti égen. A hónap folyamán három és fél órával kel a Nap előtt. Fényessége $-4,1^m$ -ről $-4,0^m$ -ra, átmérője $15,8''$ -ről $13,3''$ -re csökken, fázisa $0,71$ -ről $0,8$ -re nő.

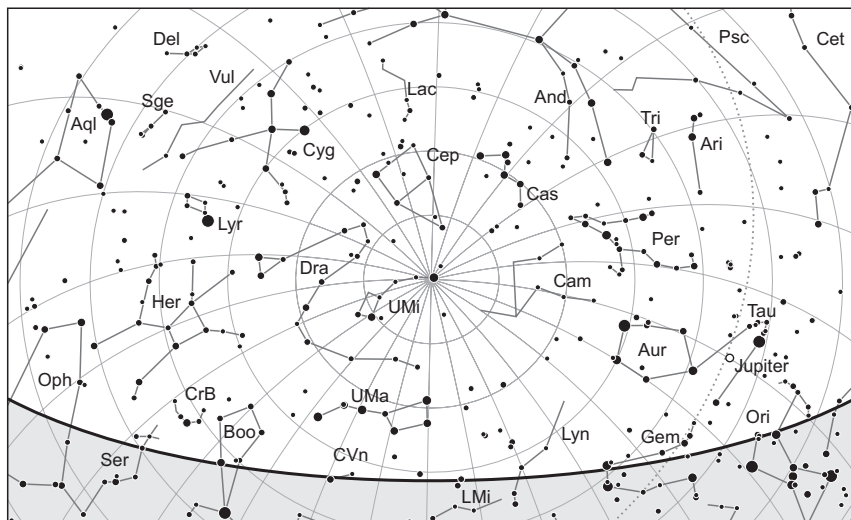
Mars: Előretartó mozgást végez a Mérleg, majd a Skorpió, végül a Kígyóirtó csillagképben. Mintegy másfél órával nyugszik a Nap után, este kereshető a délnyugati ég alján. Fényessége $1,2^m$, látszó átmérője $4,8''$ -ről $4,6''$ -re változik.

Jupiter: Kezdetben előretartó, 4-e után hátráló mozgást végez a Bika csillagképben. Késő este kel, az éjszaka nagy részében feltűnően látszik a déli égen. Fényessége $-2,6^m$, átmérője $45''$.

Szaturnusz: Előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. 25-én együttállásban van a Nappal. A hónap legelején még kereshető az alkonyi ég alján. Fényessége $0,6^m$, átmérője $15''$.

Uránusz: Az éjszaka nagy részében látható a Halak csillagképben. Hajnalban nyugszik.

Neptunusz: Az éjszaka első felében figyelhető meg a Vízöntő csillagképben. Éjfél után nyugszik.



Az északi égbolt október 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Eseménynaptár (UT)

Dátum Időpont Esemény

10.01.	3:20	A Vénusz bolygó a ν Leo-tól ($5,3^m$) $9'39''$ -re északra
10.01.	19:43	A (18) Melpomene kisbolygó ($10,5^m$) az NGC 6603 nyílthalmaztól ($11,1^m$) $9,1'$ -re északkeletre
10.03.	3:40	A reggeli szürkületben a Vénusz bolygó az α Leo-tól (Regulus, $1,4^m$) $12'33''$ -re nyugatra
10.04.	7:01	A Hold minimális librációja ($l = 0,08^\circ$, $b = 0,08^\circ$)
10.04.	19:50	A Hold mögül kilép az ω^1 Tauri ($5,5^m$, 80,8%-os, csökkenő holdfázis)
10.05.	0:37	A Hold földtávolban (földtávolság: 405 128 km, látszó átmérő: $29'30''$, 79,3%-os, csökkenő holdfázis)
10.05.	20:01	A 72,8%-os, csökkenő fázisú Holdtól $1,6^\circ$ -kal északra a Jupiter bolygó
10.06.	0:03	A Hold mögül kilép a 106 Tauri ($5,3^m$, 71,4%-os, csökkenő holdfázis)
10.06.	2:49	A Hold eléri legnagyobb deklinációját $20,6^\circ$ -nál (70,4%-os, csökkenő holdfázis)
10.06.	17:19	Az esti szürkületben a (20) Massalia kisbolygó ($11,6^m$) a 30 Sgr-től $4'20''$ -re keletre
10.06.	18:54	A (67) Asia kisbolygó ($11,8^m$) a 63 Sgr-től $5'42''$ -re délre
10.06.	21:28	A 63,5%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől az 57 Ori ($5,9^m$) $4'38''$ -re délre
10.06.	21:32	A Hold mögül kilép a χ^1 Orionis ($4,4^m$, 63,5%-os, csökkenő holdfázis)

Dátum Időpont Esemény

10.07.	1:54	A Hold mögül kilép a χ^2 Orionis (4,6 ^m , 61,8%-os, csökkenő holdfázis), kilépés 03:20 UT-kor
10.07.	23:51	A Neptunusz bolygó a 38 Aqr-től (5,4 ^m) 20'17"-re délre
10.08.	7:33	Utolsó negyed (a Hold a Gemini csillagképben)
10.09.	0:05	A Callisto (Jupiter-hold) 7"-re elhalad a Jupiter déli pólusa felett
10.10.	17:11	Az esti szürkületben a (18) Melpomene kisbolygó (10,5 ^m) az M25 nyílthalmaztól (4,6 ^m) 15,0'-re északra
10.11.	1:18	A Hold nyugati librációja ($l = -6,73^\circ$, $b = 6,71^\circ$)
10.11.	3:48	A Hold mögül kilép az ω Leonis (kettőscsillag, 5,4 ^m , 22,8%-os, csökkenő holdfázis)
10.11.	7:03	A Hold maximális librációja ($l = -6,72^\circ$, $b = 6,74^\circ$)
10.11.	14:03	A Hold északi librációja ($b = 6,76^\circ$, $l = -6,67^\circ$)
10.11.	17:10	Az esti szürkületben a (44) Nysa kisbolygó (11,9 ^m) az NGC 6583 nyílthalmaztól (10,0 ^m) 10,3'-re délre
10.12.	4:28	A hajnali szürkületben a 14,3%-os, csökkenő fázisú Holdtól 7,9°-kal északkeletre a Vénusz bolygó
10.14.	4:31	31 óra 32 perces holdsarló 7,6° magasan a hajnali égen (a Vénusz bolygótól 22,0°-ra délkeletre)
10.15.	12:03	Újhold (a Hold a Virgo csillagképben)
10.17.	0:53	A Hold földközeli (földtávolság: 360 685 km, látszó átmérő: 33'8", 3,4%-os, növekvő holdfázis)
10.17.	10:58	A Hold minimális librációja ($l = 0,64^\circ$, $b = 0,61^\circ$)
10.18.	16:21	Az esti szürkületben a 14,1%-os, növekvő fázisú Holdtól 1,7°-kal délnyugatra a Mars bolygó
10.18.	16:21	Az esti szürkületben a Hold, a Mars bolygó és az Antares látványos együttállása
10.18.	16:33	Az esti szürkületben a Hold mögé belép az ω Ophiuchi (4,5 ^m , 14,2%-os, növekvő holdfázis)
10.19.	13:18	A Hold eléri legkisebb deklinációját $-21,8^\circ$ -nál (22,1%-os, növekvő holdfázis)
10.19.	16:59	A 23,6%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől az 52 Oph (6,6 ^m) 4'2"-re délre
10.20.	4:03	A reggeli szürkületben a (91) Aegina kisbolygó (11,7 ^m) a δ Ari-től 5'26"-re keletre
10.21.	0:00	Az Orionidák meteorraj elhúzóódó maximuma (radiáns 41° magasan, a 21:11 UT-kor lenyugvó Hold nem zavar a megfigyelésben)
10.22.	3:32	Első negyed (a Hold a Sagittarius csillagképben)
10.22.	4:06	A reggeli szürkületben a (32) Pomona kisbolygó (11,3 ^m) a π Psc-től 1'30"-re északra
10.24.	0:47	A Hold keleti librációja ($l = 6,75^\circ$, $b = -6,75^\circ$)
10.24.	2:58	A Hold maximális librációja ($l = 6,75^\circ$, $b = -6,76^\circ$)
10.24.	4:39	A Hold déli librációja ($b = -6,76^\circ$, $l = 6,75^\circ$)
10.24.	23:34	A Hold mögé belép az 51 Aquarii (5,8 ^m , 78,4%-os, növekvő holdfázis)
10.25.	4:10	A reggeli szürkületben a (15) Eunomia kisbolygó (10,8 ^m) az 57 Leo-tól 3'42"-re északnyugatra

Dátum Időpont Esemény

10.25.	4:10	A reggeli szürkületben a (29) Amphitrite kisbolygó (11,0 ^m) az M95 galaxistól (9,7 ^m) 18,3'-re délnyugatra
10.25.	8:33	A Szaturnusz bolygó együttállásban a Nappal (a Naptól 2,2°-ra)
10.26.	2:01	A (444) Gyptis kisbolygó (12,8 ^m) elfedi a TYC 0767-00198-1-et (11,6 ^m)
10.26.	18:11	A Hold mögé belép a 22 Piscium (5,6 ^m , 91,1%-os, növekvő holdfázis)
10.26.	22:11	A Merkúr bolygó legnagyobb keleti elongációja (24,1°-os elongáció, -0,1 ^m látszó fényesség, 6,6" átmérő, 63% fázis, Libra csillagkép)
10.28.	0:41	A (13) Egeria kisbolygó (11,5 ^m) elfedi a TYC 2488-00479-1-et (8,1 ^m)
10.29.	1:00	A 99,4%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől a 100 Psc (7,4 ^m) 3'44"-re északra
10.29.	19:49	Telehold (a Hold az Aries csillagképben)
10.31.	16:42	A Hold minimális librációja (l = 0,37°, b = 0,36°)
10.31.	18:01	A 96,7%-os, csökkenő fázisú Holdtól 5,1°-ra északra a Fiastyúk (M45 nyílthalmaz)

Együttállások

Október 3-án kora hajnalban a még sötét keleti égen együtt kel a Vénusz és az Oroszlán, bolygótestvérünk a Regulustól mindössze 12'33"-re látható. A páros sokáig követhető lesz az égen, mivel napkelte előtt fél órával már 30 fok magasan lesznek. Ezt követően a Vénusz egyre közeledik a Naphoz, ám 12-én hajnal előtt a Hold a Vénusztól és a Regulustól is mintegy 8 fokra áll, szép háromszöget alkotva velük.

Október 18-án alkonyat után a délnyugati látóhatár felett különös együttállás gyönyörködteti majd a megfigyelőt. A holdsarló, a Mars és az Antares közeli hármasa teszi szépségessé az esti eget. A Mars a Holdtól körülbelül 2 fokra lesz, az Antarestől pedig körülbelül 4,5 fokra. Az égi háromszög két vörös tagja adja az együttállás különös voltát, ugyanis a görögök a mi Marsunkat Árész néven ismerték, s a szintén vörös színben ragyogó óriáscsillag, az Antares az ellentétként szerepelt náluk. Érdekesség, hogy az Antares átmérője nagyobb, mint a Mars pályája.

A Callisto és a Jupiter

2012. október 9. A Callisto a Jupiter déli pólusától 9"-re (0:05 UT-kor lesz a legnagyobb megközelítés).

A Callisto a mostani években mindig a pólusok alatt-felett vonul el, de 16,7 napos periódusa miatt ritkán figyelhető meg ebben az időpontban hazánkból. A 2010–2015 közötti években nincs is olyan esemény hogy a Jupiter elfedné, árnyékba merülne, árnyékot vetne, épp ezért igen izgalmas lehet megfigyelni, amint ez az óriáshold 9"-es távolságban elvonul a Jupiter déli pólusa „felett”. Október 9-én 00:05 UT-kor következik be ez a jelentős közelítés, érdemes megfigyelni.

A Longomontanus-kráter

A Hold déli krátermezeje páratlan szépségű terület. Egy kis távcső birtokában bárki meggyőződhet arról, hogy itt valóban kráter kráter hátán fekszik, kaotikus elrendezésben. Nem könnyű feladat az egyes alakzatok azonosítása; ehhez egy jó holdtérképre és mindenekelőtt sok türelemre van szükségünk. Szerencsére van jó néhány hatalmas, feltűnő kráter, melyeket kiindulópontként használhatunk. Ezek közé tartozik a Longomontanus-kráter is. A Longomontanus a Tycho-krátertől kissé délnyugatra, a Claviustól pedig északnyugatra fekszik. Átmérője 145 kilométer. Falai szélesek, kisebb-nagyobb kráterekkel telehintettek, a kráter alja pedig sima, lávával borított. Központi csúcsának maradványai jól láthatóak már egy egészen szerény méretű távcsövön keresztül is. A legnagyobb másodlagos krátereket a Longomontanus északi sáncán találjuk. Ezek az S-, F-, L-, M- és K-kráterek. Az L jelű, tulajdonképpen már a kráter alján fekszik.



A Longomontanus és a Wilhelm-kráterek Király Amanda rajzán.

Nagyon érdekes, hogy Longomontanus egy nálánál jóval kisebb kráterre telepedett, aminek nagyjából a fele maradt meg. Ez a félig elpusztított kráter a Longomontanus Z-nevet viseli. A Longomontanus igen öreg kráter, keletkezését a kutatók a Nectari korszakba helyezik, ami a Nectaris-medence 3,92 milliárd évvel ezelőtti születésével kezdődött, és az Imbrium-medence 3,85 milliárd évvel ezelőtti születésével ért véget. A holdi kráterek keletkezésével kapcsolatban általános szabály, hogy az idő előrehaladtával egyre kisebb kráterek keletkeztek. A nagy bombázási időszak elmúltával – ami egybeesik az Imbrium-medence születésével – drasztikusan csökkent a becsapódások száma. A nagyobb kráterek keletkezése ettől a korszaktól kezdve csak szórványos.

A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
10 4	0	28	2	ki	497	6,5	86 – 60		38 É	309	+2,5	-1,9
10 4	19	50	28	ki	614 ω^1 Tau	5,5	80 – 13		87 É	263	-0,1	+1,5
10 5	1	46	26	ki	93863	7,9	79 – 62		56 D	227	+1,7	+2,2
10 6	0	3	2	ki	765 106 Tau	5,3	71 – 47		63 D	239	+1,0	+2,3
10 6	0	57	31	ki	76985	8,0	71 – 54		65 D	241	+1,4	+2,1
10 6	2	6	7	ki	77012	7,8	71 – 61		86 D	263	+1,8	+0,7
10 6	21	31	31	ki	894 χ^1 Ori	4,4	63 – 14		37 É	323	+0,6	-0,2
10 7	0	46	22	ki	95098	7,9	62 – 45		58 D	239	+1,0	+2,5

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
10 7	1	54	23	be	915 χ^2 Ori	4,6	62 – 55		–83 É	84	+1,6	+1,2
10 7	3	19	35	ki	915 χ^2 Ori	4,6	61 – 62		77 É	284	+1,9	–0,4
10 7	22	17	18	ki	1038	7,1	53 – 13		83 É	282	+0,1	+1,1
10 8	0	15	35	ki	96172	8,0	52 – 32		81 É	285	+0,8	+1,0
10 8	3	38	3	ki	96283	8,1	51 – 59		32 É	334	+1,5	–3,2
10 8	3	48	31	ki	96277	7,6	51 – 60		68 D	254	+2,0	+1,2
10 9	3	1	29	ki	1176	7,6	42 – 48		43 É	327	+1,4	–1,6
10 10	1	28	45	ki	1281	6,3	32 – 24		86 É	287	+0,6	+0,9
10 11	1	37	49	ki	117662	8,6	23 – 15		77 É	298	+0,4	+0,6
10 11	1	42	20	ki	117675	8,4	23 – 16		41 É	333	+0,5	–0,9
10 11	3	47	32	ki	1397 ω Leo	5,5	22 – 35		74 É	300	+1,0	+0,2
10 12	2	54	47	ki	118205	8,7	14 – 16		86 É	290	+0,5	+0,8
10 13	4	0	58	ki	138052	8,2	7 – 15		51 É	323	+0,4	–0,3
10 18	16	32	45	be	2376 ω Oph	4,5	14 + 9		64 É	73	+0,9	–0,8
10 20	18	26	32	be	2710	6,7	34 + 11		32 É	27	+0,2	+0,5
10 20	19	26	54	be	X 44520	7,1	35 + 4		56 D	119	+1,1	–2,2
10 24	17	11	50	be	145963	7,5	76 + 33		32 D	130	+2,9	–1,0
10 24	23	33	32	be	3287 51 Aqr	5,8	78 + 10		68 É	50	+0,3	–0,2
10 26	18	10	51	be	3512 22 Psc	5,6	91 + 38		47 D	115	+2,2	+0,2
10 26	20	21	13	be	3518	7,3	92 + 46		40 É	23	+0,9	+2,2
10 26	20	48	6	be	128469	7,7	92 + 46		67 D	96	+2,1	–0,5
10 28	22	23	35	be	92496	7,6	99 + 54		73 D	98	+2,1	–0,7

Évforduló

450 éve született Christen Sorensen Longomontanus

Christen Sorensen Longomontanus (Lomborg v. Longberg, 1562. október 4. – 1647. október 8.) dán csillagász és matematikus.

A latin változatban Longomontanusként ismert csillagász Christian Severin néven született, egy szegény földműves családban. Apja korai halála (1570) után nagybátyja vette gondjaiba, és taníttatta, de három év elmúltával vissza kellett mennie anyjához, és dolgoznia kellett a földeken. 1588-ban Koppenhágában beiratkozik az egyetemre (a Longomontanus nevet, amely szülőfalujának latinizált változata, ekkor használja először hivatalosan). A következő évben Tycho Brahe szolgálatába szegődik, és nyolc éven át asszisztensként értékes segítségére van a nagy csillagásznak híres Uraniborg obszervatóriumában. Tycho egyetlen, hosszú időn keresztül vele dolgozó tanítványa lesz.

Amikor mestere elhagyja Hven szigetét (1597), német egyetemeken folytatja tanulmányait (Breslau és Lipcse), végül a rostocki egyetemen kapja meg mesterfokozatát. 1600 januárjában csatlakozik ismét Tychóhoz Prágában (pontosabban a Prágához közeli Benátekben), ahol úgy gondolta, hogy Tycho kérésének megfelelően a Mars-észlelések feldolgozásával foglalkozhat, de miután Kepler is csatlakozott Brahéhoz, és ő vette át a Mars-adatokat, csak a Holdra vonatkozó megfigyelési anyag maradt Longomontanusra. Ezt

1600 nyarán visszaadta Brahének, és hazaindult szülőföldjére. Koppenhágába érve befolyásos támogatóra talál Christian Friisben, Dánia kormányzójában. 1603-ban Viborg iskolájának rektora lesz, és közben levelezésbe kezd Keplerrel a Holdra vonatkozó elmélet tárgyában. Két évvel később a Koppenhágai Egyetem matematika-professzora lesz, végül 1607-től haláláig a „felsőbb matematika” tanszékvezetője. 1632-ben kezdeményezte egy impozáns csillagászati torony megépítését az egyetem területén, amely IV. Keresztély dán király megrendelésére 1637-ben el is készül (a mai napig megtalálható). Itt kezd bele Longomontanus egy fontos észlelési programba: Brahe katalógusa 777 csillagnak pontos pozícióit akarja kimérni – bár mérései pontosak voltak, de mégsem jobbak a kasseli (az akkori Európa másik nagy csillagászati centrumában Christoph Rothmann által korábban elvégzett) méréseknél. Érdemei elismerésül a király később ráruházta a lundeni lelkészi hivatalt. 1647-ben Koppenhágában hunyt el.

Longomontanus nyugodt, melegszívű embernek írták le – azonban nem mondhatni haladó gondolkodásúnak. Kitartóan ragaszkodott Tycho hibás nézetéhez a refrakció tekintetében, az üstökösökről azt vallotta, hogy az ördög hírnökei, és szentül hitte, hogy megoldotta a kör négyszögesítésének problémáját. Úgy találta, hogy a 43 egységnyi átmérőjű kör kerülete pontosan 18252 négyzetgyöke, amiből a $\pi = 3,1418596\dots$ érték következik. Hibájáról eredménytelenül próbálták meggyőzni többet is.

Valójában Longomontanus volt Tycho geoheliocentrikus világképének empirikus kidolgozója és közlétezője (1622-ben megjelentetett *Astronomia Danica* című munkájában, amelyet IV. Keresztélynek ajánlott). Tycho 1601-ben bekövetkezett halálakor a csillagászat újjáépítésének programja még nem volt teljes: hiányzott az adatok kiválogatása, a bolygók mozgásának kielemzése, valamint az egész munka szisztematikus tárgyalása és közzététele. Longomontanus magára vállalta a felelősséget, és mindkét feladatot teljesítette – ezt tette közzé terjedelmes főművében, az *Astronomia Danica*-ban. Minthogy Tycho végrendeletének tekintették a művet, a XVII. századi csillagászati irodalom népszerű munkája lett. Ezt mutatja az is, hogy 1640-ben és 1663-ban is kiadták. Eltérés Tychótól, hogy Longomontanus a Földhöz napi tengelyforgást is rendelt – ezért „módosított Tycho-féle világkép”-nek nevezzük az ő rendszerét. Érdekes, hogy Tycho mérései alapján ő is megkonstruálta a Mars pályáját a módosított Tycho-féle rendszerben, a hosszúságban mindössze 2 ívperces hibával – míg Kepler az általa tekintetbe vett heliocentrikus rendszerben csak 8 ívperces hibával volt képes ugyanezt megtenni. Bár egyes tudománytörténészek állítják, hogy Kepler 1627-ben megjelent Rudolf-táblázatai „pontosabbak voltak minden korábbi táblázatoknál”, valójában ezt máig senki nem tudta igazolni. Longomontanus nevezetes művében az akkori csillagászati ismereteken kívül a trigonometriát (sok számolási példával), a Föld éghajlati öve-



zeteinek tárgyalását, valamint a csillagászati eszközök készítésének és használatának leírását is megtaláljuk, egy komplett csillagkatalógussal egyetemben.

Emlékezet: nevét holdkráter viseli (49,5° É, 21,7° Ny, D = 145 km, mélység: 4,5 km), stílszerűen a Tycho-kráter közelében, attól DNy-ra.

Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
1	2: 2,3	Io	fk
	23:13,7	Io	ák
2	0:27,3	Io	ek
	1:23,2	Io	áv
	2:36,6	Io	ev
	3:58,5	Europa	fk
	19:44,0	Ganymedes	ek
	20:30,8	Io	fk
	21:36,1	Ganymedes	ev
	23:57,0	Io	mv
3	19:51,6	Io	áv
	21: 4,0	Io	ev
	23: 0,1	Europa	ák
4	1:23,5	Europa	áv
	1:30,4	Europa	ek
	3:51,0	Europa	ev
5	19:39,6	Europa	fv
	19:41,2	Europa	mk
	22: 2,6	Europa	mv
8	3:56,4	Io	fk
9	1: 7,1	Io	ák
	2:16,3	Io	ek
	3:16,9	Io	áv
	20:39,9	Ganymedes	áv
	22:24,9	Io	fk
	23:24,4	Ganymedes	ek
10	1:16,0	Ganymedes	ev
	1:46,3	Io	mv
	19:35,5	Io	ák
	20:43,4	Io	ek
	21:45,3	Io	áv
	22:52,9	Io	ev
11	1:36,6	Europa	ák
	3:56,8	Europa	ek
	4: 0,2	Europa	áv
	20:13,4	Io	mv

nap	UT h:m	hold	jelenség
12	19:50,2	Europa	fk
13	0:26,8	Europa	mv
14	19:29,8	Europa	ev
16	3: 0,6	Io	ák
	4: 4,3	Io	ek
	22:37,8	Ganymedes	ák
17	0:19,1	Io	fk
	0:39,8	Ganymedes	áv
	2:59,7	Ganymedes	ek
	3:34,3	Io	mv
	21:29,0	Io	ák
	22:31,1	Io	ek
	23:39,1	Io	áv
18	0:40,8	Io	ev
	4:13,0	Europa	ák
	18:47,7	Io	fk
	22: 1,2	Io	mv
19	18: 7,6	Io	áv
	19: 7,5	Io	ev
	22:24,8	Europa	fk
20	2:48,8	Europa	mv
	18:32,3	Ganymedes	mv
21	19:32,1	Europa	ek
	19:55,4	Europa	áv
	21:52,6	Europa	ev
24	2:13,3	Io	fk
24	2:36,8	Ganymedes	ák
	4:39,9	Ganymedes	áv
	23:22,7	Io	ák
25	0:17,8	Io	ek
	1:33,0	Io	áv
	2:27,6	Io	ev
	20:41,9	Io	fk
	23:47,9	Io	mv
26	17:51,1	Io	ák
	18:44,3	Io	ek

nap	UT h:m	hold	jelenség
26	20: 1,5	Io	áv
	20:54,1	Io	ev
27	0:59,8	Europa	fk
	18:14,4	Io	mv
	18:34,8	Ganymedes	fv
	20: 9,2	Ganymedes	mk
	22: 1,3	Ganymedes	mv
28	20: 7,8	Europa	ák
	21:52,5	Europa	ek
	22:32,0	Europa	áv
29	0:13,0	Europa	ev
30	18:18,0	Europa	mv
31	4: 7,5	Io	fk

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

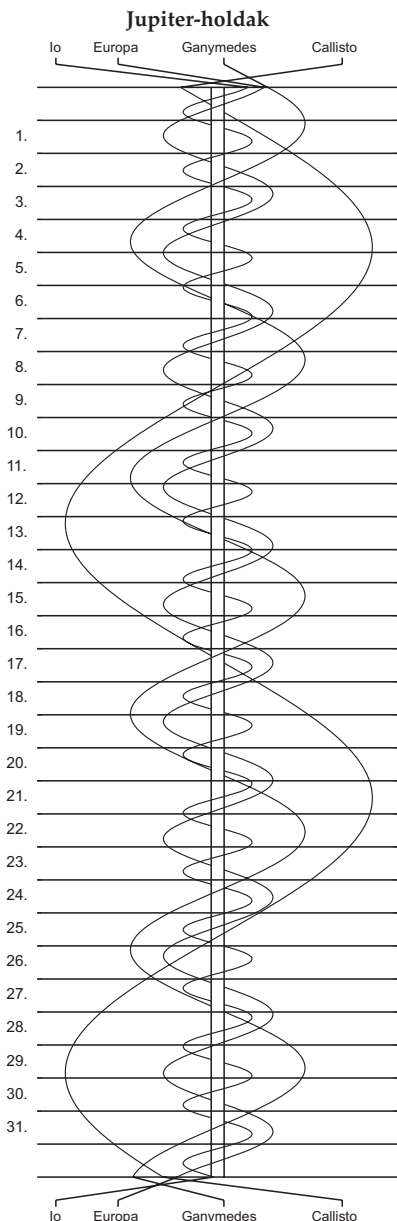
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

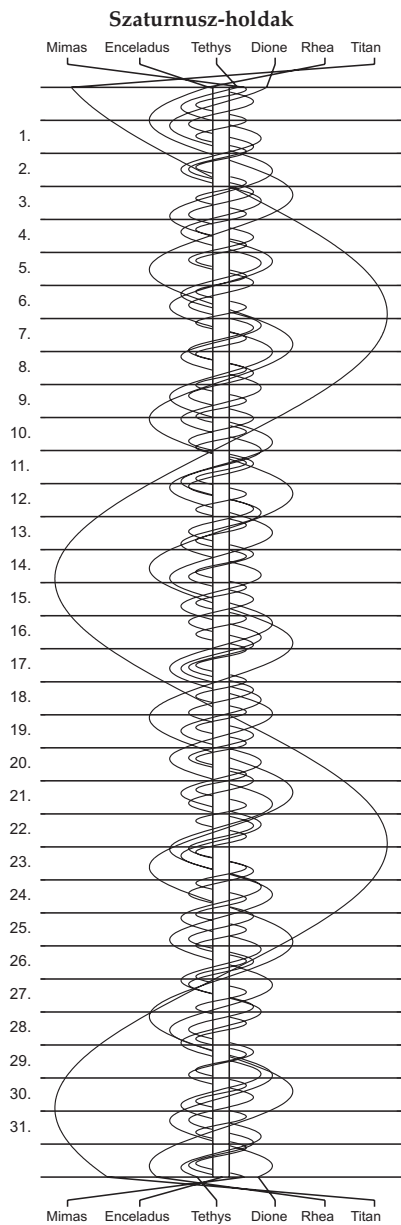
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége





$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – november**

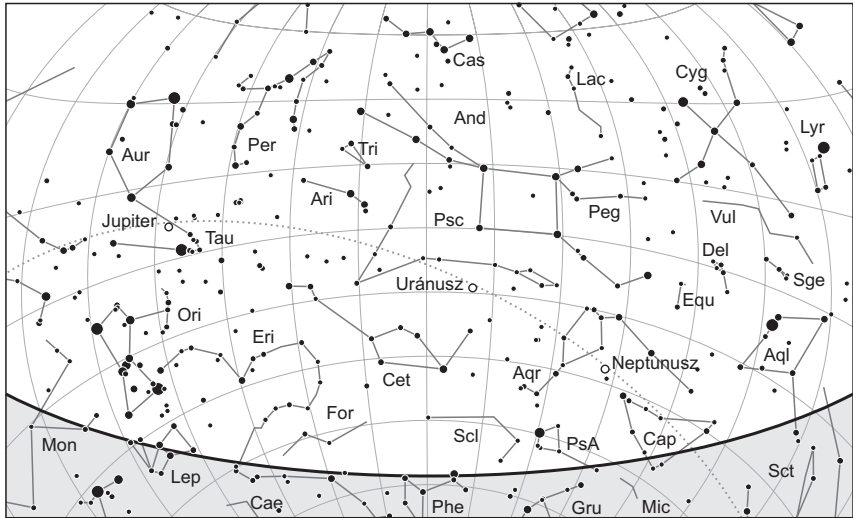
KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			fázis
	kel	delel	nyugszik	h_d	E_t	kel	delel	nyugszik	
	h m	h m	h m	°	m	h m	h m	h m	h m
1. cs 306.	6 28	11 27	16 26	27,9	+16,5	17 59	1 04	8 55	
2. p 307.	6 29	11 27	16 25	27,6	+16,5	18 47	1 52	9 46	
3. sz 308.	6 31	11 27	16 23	27,3	+16,5	19 40	2 40	10 31	
4. v 309.	6 32	11 27	16 22	27,0	+16,5	20 38	3 28	11 10	
45. hét									
5. h 310.	6 34	11 27	16 20	26,7	+16,4	21 39	4 15	11 45	
6. k 311.	6 35	11 27	16 19	26,4	+16,4	22 43	5 02	12 16	
7. sz 312.	6 37	11 27	16 18	26,1	+16,4	23 50	5 49	12 43	☉ 1 36
8. cs 313.	6 38	11 27	16 16	25,8	+16,3	–	6 35	13 10	
9. p 314.	6 40	11 27	16 15	25,5	+16,2	0 59	7 23	13 36	
10. sz 315.	6 41	11 28	16 14	25,2	+16,1	2 11	8 12	14 03	
11. v 316.	6 43	11 28	16 12	24,9	+16,0	3 25	9 04	14 32	
46. hét									
12. h 317.	6 44	11 28	16 11	24,7	+15,9	4 43	9 59	15 06	
13. k 318.	6 46	11 28	16 10	24,4	+15,8	6 02	10 58	15 47	● 23 08
14. sz 319.	6 47	11 28	16 09	24,1	+15,6	7 19	12 00	16 36	
15. cs 320.	6 49	11 28	16 08	23,9	+15,4	8 31	13 03	17 35	
16. p 321.	6 50	11 28	16 07	23,6	+15,3	9 32	14 06	18 43	
17. sz 322.	6 51	11 29	16 06	23,4	+15,1	10 23	15 06	19 55	
18. v 323.	6 53	11 29	16 04	23,2	+14,9	11 04	16 03	21 08	
47. hét									
19. h 324.	6 54	11 29	16 04	22,9	+14,6	11 38	16 55	22 21	
20. k 325.	6 56	11 29	16 03	22,7	+14,4	12 07	17 44	23 30	☉ 15 31
21. sz 326.	6 57	11 30	16 02	22,5	+14,2	12 33	18 30	–	
22. cs 327.	6 59	11 30	16 01	22,3	+13,9	12 57	19 15	0 38	
23. p 328.	7 00	11 30	16 00	22,1	+13,6	13 21	19 58	1 43	
24. sz 329.	7 01	11 30	15 59	21,9	+13,3	13 45	20 43	2 47	
25. v 330.	7 03	11 31	15 58	21,7	+13,0	14 12	21 27	3 50	
48. hét									
26. h 331.	7 04	11 31	15 58	21,5	+12,7	14 43	22 13	4 52	
27. k 332.	7 05	11 31	15 57	21,3	+12,4	15 17	23 00	5 52	
28. sz 333.	7 07	11 32	15 57	21,1	+12,1	15 57	23 48	6 49	○ 15 46
29. cs 334.	7 08	11 32	15 56	21,0	+11,7	16 43	–	7 42	
30. p 335.	7 09	11 32	15 55	20,8	+11,4	17 34	0 36	8 29	

november

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 456 233	2 42 44	<i>Mindenszentek</i> ; Marianna, Benigna
2.	2 456 234	2 46 40	Achilles, Viktor
3.	2 456 235	2 50 37	Győző, Bálint, Ida, Szilvia, Valentin
4.	2 456 236	2 54 33	Károly, Karola, Karolina, Sarolta
5.	2 456 237	2 58 30	Imre
6.	2 456 238	3 02 27	Lénárd
7.	2 456 239	3 06 23	Rezső, Ernő, Karina, Rudolf
8.	2 456 240	3 10 20	Zsombor, Kolos
9.	2 456 241	3 14 16	Tivadar, Tihamér
10.	2 456 242	3 18 13	Réka, András, Ariel, Tünde
11.	2 456 243	3 22 09	Márton, Martin
12.	2 456 244	3 26 06	Jónás, Renátó, Emil, Krisztián, Levente, Tihamér
13.	2 456 245	3 30 02	Szilvia, Jenő, Miklós
14.	2 456 246	3 33 59	Aliz, Klementina, Vanda
15.	2 456 247	3 37 55	Albert, Lipót, Dezső, Richárd
16.	2 456 248	3 41 52	Ödön, Ágnes, Alfréd, Gertrúd, Margit, Péter
17.	2 456 249	3 45 49	Hortenzia, Gergő, Ede, Gergely, György, Hilda, Ildikó
18.	2 456 250	3 49 45	Jenő, Jolán, Ottó, Péter
19.	2 456 251	3 53 42	Erzsébet
20.	2 456 252	3 57 38	Jolán, Amália, Ödön, Zoltán, Zsolt
21.	2 456 253	4 01 35	Olivér, Amália, Mária
22.	2 456 254	4 05 31	Cecília, Csilla, Mária
23.	2 456 255	4 09 28	Kelemen, Klementina, Dániel
24.	2 456 256	4 13 24	Emma, Flóra, János, Virág
25.	2 456 257	4 17 21	Katalin, Karina, Katarina, Katica, Katinka, Kitty, Liza
26.	2 456 258	4 21 18	Virág, Lénárd, Péter, Szilveszter
27.	2 456 259	4 25 14	Virgil, Jakab
28.	2 456 260	4 29 11	Stefánia, Jakab
29.	2 456 261	4 33 07	Taksony
30.	2 456 262	4 37 04	András, Andor, Amália, Endre

14. Az iszlám naptár 1434. évének kezdete



A déli égbolt november 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Bolygók

Merkúr: A hónap elején felkeresése még megkísérelhető napnyugta után. Ekkor háromnegyed órával nyugszik a Nap után, de láthatósága gyorsan romlik. 17-én alsó együttállásban van a Nappal. Hamarosan megjelenik a keleti égen, 20-án már fél órával kel a Nap előtt. A hónap végére ez az érték 1 és háromnegyed óra, így idén már másodszor kerül kedvező hajnali megfigyelési helyzetbe.

Vénusz: A hajnali égbolt feltűnő égiteste, magasan ragyog a keleti égen. A hónap elején még három és fél, a végén két és fél órával kel a Nap előtt. Fényessége $-4,0^m$, átmérője $13,3''$ -ről $11,8''$ -re csökken, fázisa $0,81$ -ről $0,88$ -ra nő.

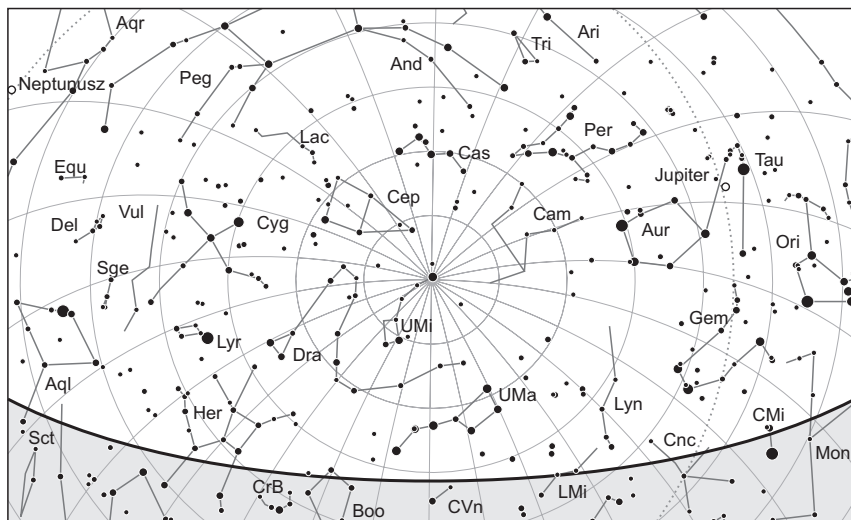
Mars: Előretartó mozgást végez a Kígyótartó, majd a Nyilas csillagképben. Két órával a Nap után nyugszik, este kereshető a délnyugati ég alján. Fényessége továbbra is állandó, $1,2^m$, de látszó átmérője tovább zsugorodik, $4,6''$ -ről $4,4''$ -re.

Jupiter: Hátráló mozgást végez a Bika csillagképben. Este kel, az éjszaka nagy részében látható délkeleti-déli égen, mint feltűnő égitest. Fényessége $-2,8^m$, átmérője $48''$.

Szaturnusz: Előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Hajnalban kel, napkelte előtt látható a délkeleti égen. Fényessége $0,6^m$, átmérője $15''$.

Uránusz: Az éjszaka első felében kereshető a Halak csillagképben. Éjfél után nyugszik.

Neptunusz: Az éjszaka első felében figyelhető meg a Vízöntő csillagképben. Éjfél körül nyugszik. Mozdása 11-én vált hátrálóból előre tartóra.



Az északi égbolt november 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Eseménynaptár (UT)

Dátum Időpont Esemény

- | | | |
|--------|-------|--|
| 11.01. | 4:37 | A Merkúr bolygó dichotómiája (50,0% fázis, 23,3°-os keleti elongáció, 7,4" látszó átmérő) |
| 11.01. | 5:04 | A hajnali szürkületben a Hold mögül kilép az ω^1 Tauri (5,5 ^m , 95,0%-os, csökkenő holdfázis) |
| 11.01. | 15:17 | A Hold földtávolban (földtávolság: 406 031 km, látszó átmérő: 29'26", 93,1%-os, csökkenő holdfázis) |
| 11.02. | 1:17 | A 90,9%-os, csökkenő fázisú Holdtól 1,3°-kal északra a Jupiter bolygó |
| 11.02. | 1:39 | A Hold eléri legnagyobb deklinációját 20,5°-nál (90,9%-os, csökkenő holdfázis) |
| 11.03. | 17:05 | Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete |
| 11.03. | 20:30 | A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 22:35 UT-kor |
| 11.04. | 0:06 | A Hold mögül kilép a 22 Geminorum (7,1 ^m , 77,8%-os, csökkenő holdfázis) |
| 11.05. | 0:00 | A Déli Tauridák meteorraj elhúzóódó maximuma (radiáns 55° magasan, a 69,4%-os, csökkenő fázisú Hold a rádiánstól 57°-ra) |
| 11.05. | 0:05 | Az (1) Ceres törpebolygó (7,9 ^m) az η Gem-től 2'49"-re északkeletre |
| 11.07. | 0:36 | Utolsó negyed (a Hold a Cancer csillagképben) |
| 11.07. | 2:40 | A Hold mögül kilép a κ Cancri (kettőscsillag, 5,2 ^m , 49,1%-os, csökkenő holdfázis) |

Dátum Időpont Esemény

11.07.	21:35	A Hold északi librációja ($b = 6,86^\circ$, $l = -7,38^\circ$)
11.08.	3:04	A Hold maximális librációja ($l = -7,41^\circ$, $b = 6,86^\circ$)
11.08.	7:18	A Hold nyugati librációja ($l = -7,42^\circ$, $b = 6,84^\circ$)
11.10.	18:59	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete
11.11.	0:29	A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 02:36 UT-kor
11.11.	5:10	A hajnali szürkületben a 10,5%-os, csökkenő fázisú Holdtól $7,4^\circ$ -kal északkeletre a Vénusz bolygó
11.11.	5:10	A hajnali szürkületben a Hold, Vénusz és Szaturnusz bolygók, valamint a Spica látványos együttállása
11.12.	0:00	Az Északi Tauridák meteorraj elhúzóódó maximuma (radiáns 61° magasan, a 03:43 UT-kor felkelő Hold nem zavar a megfigyelésben)
11.12.	4:34	A reggeli szürkületben a (13) Egeria kisbolygó ($11,2^m$) az NGC 2832 galaxistól ($11,9^m$) $15,0'$ -re északra
11.12.	5:12	40 óra 57 perces holdsarló $11,7^\circ$ magasan a hajnali égen (a Vénusz bolygótól $10,4^\circ$ -ra délkeletre, a Szaturnusz bolygótól $9,1^\circ$ -ra nyugatra)
11.13.	5:13	16 óra 55 perces holdsarló $1,0^\circ$ magasan a hajnali égen (a Vénusz bolygótól $23,0^\circ$ -ra délkeletre, a Szaturnusz bolygótól $8,3^\circ$ -ra délkeletre)
11.13.	22:08	Újhold (a Hold a Libra csillagképben)
11.14.	7:47	A Hold minimális librációja ($l = -0,19^\circ$, $b = -0,21^\circ$)
11.14.	10:15	A Hold földközeli (földtávolság: 357 365 km, látszó átmérő: $33'26''$, 0,4%-os, növekvő holdfázis)
11.15.	12:36	A Hold eléri legkisebb deklinációját $-21,8^\circ$ -nál (3,9%-os, növekvő holdfázis)
11.15.	15:41	41 óra 33 perces holdsarló $6,3^\circ$ magasan az esti égen (a Mars bolygótól $11,4^\circ$ -ra nyugatra)
11.15.	23:29	A (704) Interamnia kisbolygó oppozícióban ($9,9^m$ látszó fényesség, Perseus csillagkép)
11.16.	15:40	Az esti szürkületben a 10,9%-os, növekvő fázisú Holdtól $4,6^\circ$ -kal délnyugatra a Mars bolygó
11.16.	16:31	A Hold mögé belép a μ Sagittarii ($3,9^m$, 11,2%-os, növekvő holdfázis)
11.16.	17:18	A Hold mögé belép a 15 Sagittarii ($5,4^m$, 11,4%-os, növekvő holdfázis)
11.17.	4:41	A hajnali szürkületben a Leonidák meteorraj maximuma (radiáns 64° magasan, a 15,3%-os, növekvő fázisú holdsarló nem zavar a megfigyelésben)
11.17.	15:12	A Merkúr bolygó alsó együttállásban a Nappal (a Naptól $0,4^\circ$ -ra)
11.17.	17:44	A Hold mögé belép a 43 Sagittarii ($5,0^m$, 20,2%-os, növekvő holdfázis)
11.17.	17:56	A Hold sülöndve elfedi a 43 Sagittariit a déli pereme mentén ($5,0^m$, 20,2%-os, növekvő holdfázis)
11.17.	20:53	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete
11.18.	2:56	A (43) Ariadne kisbolygó ($11,7^m$) az M35 nyílthalmaztól ($5,1^m$) $22,2'$ -re délre
11.18.	4:29	A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete
11.19.	4:30	A reggeli szürkületben a Vénusz bolygó a 82 Vir-tól ($5,0^m$) $26'31''$ -re északnyugatra

Dátum Időpont Esemény

11.19.	17:30	A Hold mögé belép a v Aquarii (4,5 ^m , 40,6%-os, növekvő holdfázis), kilépés 18:17 UT-kor
11.20.	4:45	A reggeli szürkületben a (43) Ariadne kisbolygó (11,6 ^m) az NGC 2158 nyílthalmaztól (8,6 ^m) 9,2'-re délre
11.20.	9:39	A Hold déli librációja ($b = -6,82^\circ$, $l = 7,68^\circ$)
11.20.	14:31	Első negyed (a Hold az Aquarius csillagképben)
11.20.	15:41	A Hold maximális librációja ($l = 7,71^\circ$, $b = -6,80^\circ$), a 2012-es év legnagyobb librációja
11.20.	20:41	A Hold keleti librációja ($l = 7,72^\circ$, $b = -6,78^\circ$)
11.22.	18:05	A (11) Parthenope kisbolygó (10,8 ^m) a 75 Aqr-től 2'0"-re délkeletre
11.23.	4:48	A reggeli szürkületben a (4) Vesta kisbolygó (6,8 ^m) a 111 Tau-tól 6'47"-re északra
11.23.	20:33	A (385) Ilmatar kisbolygó (12,0 ^m) az NGC 925 galaxistól (10,1 ^m) 8,1'-re északnyugatra
11.23.	22:25	A Hold mögé belép az 51 Piscium (5,7 ^m , 81,3%-os, növekvő holdfázis)
11.24.	2:28	Az (1309) Hyperborea kisbolygó (14,5 ^m) elfedi a HIP 28558-et (10,1 ^m)
11.24.	17:59	Az (1) Ceres törpebolygó (7,5 ^m) a 2 Gem-től 5'2"-re északra
11.24.	23:31	Az (1) Ceres törpebolygó (7,4 ^m) az NGC 2158 nyílthalmaztól (8,6 ^m) 23,6'-re délre
11.25.	4:51	A reggeli szürkületben a (27) Euterpe kisbolygó (11,6 ^m) az η Vir-től 6'55"-re délnyugatra
11.27.	5:31	A Vénusz bolygótól 34'-kal északra a Szaturnusz bolygó
11.27.	22:44	Az (1) Ceres törpebolygó (7,4 ^m) az IC 2157 nyílthalmaztól (8,4 ^m) 8,6'-re délre
11.28.	0:42	A 99,7%-os, növekvő fázisú Holdtól 4,8°-ra északra a Fiastyúk (M45 nyílthalmaz)
11.28.	5:20	A Hold minimális librációja ($l = 0,76^\circ$, $b = 0,77^\circ$)
11.28.	14:46	Telehold (a Hold a Taurus csillagképben)
11.28.	14:59	Félárnyékos holdfogyatkozás holdkeltekor, a fogyatkozás maximális nagysága 0,916, a félárnyékos fogyatkozás vége 16:31 UT-kor
11.28.	19:18	A Hold földtávolban (földtávolság: 406 363 km, látszó átmérő: 29'24", 100,0%-os, csökkenő holdfázis)
11.29.	1:38	A 99,8%-os, csökkenő fázisú Holdtól 1,1°-kal északra a Jupiter bolygó
11.29.	22:39	A Hold eléri legnagyobb deklinációját 20,5°-nál (98,4%-os, csökkenő holdfázis)
11.30.	18:14	A (349) Dembowska kisbolygó oppozícióban (9,6 ^m látszó fényesség, Taurus csillagkép)
11.30.	19:16	A Hold mögül kilép a 68 Orionis (5,8 ^m , 95,7%-os, csökkenő holdfázis)

November 28: Félárnyékos holdfogyatkozás

Ezen a késő őszi estén holdfogyatkozásra kerül sor, mely azonban nem lesz látványos. A Hold a teljes árnyékot nem éri el, csak a félárnyékba merül bele, igaz, majdnem teljesen, mivel területének 0,9-e benne lesz az árnyékban. Kísérőnk azonban csak a jelenség

kezdetre, sőt a maximális fázis elmúltá után kel fel, így sajnos nem sok esély van arra, hogy bármi is látszik az eseményből. Talán a Hold északi, északkeleti részének kismértékű elhalványulása tűnhet fel a tapasztalt megfigyelők számára. A fogyatkozás maximális nagysága 0,916. A félárnyékos fogyatkozás 16:31 UT-kor ér véget.

Az év legvékonyabb holdsarlója

November 13-án a hajnali égen szerencsés esetben megpillanthatjuk az év legvékonyabb holdsarlóját. A Hold alig fél órával kel a Nap előtt, a sarló 16–17 órás lesz, amelyet tiszta, száraz idő esetén láthatunk a délkeleti horizonton felbukkanni.

Bolygóegyüttállás a Szűz csillagképben

November 27-én napkelte előtt körülbelül két és fél órával kel fel a délkeleti égen a Szűz csillagképben a Vénusz és a Szaturnusz párosa, így teljesen sötét égen csodálhatjuk meg őket. Mindössze 34 ívperc távolságra lesznek egymástól! A párost mintegy egy órával követi a Merkúr is, amely a Mérleg csillagképben bukkan fel a horizonton.

Némi szerencsével a bolygóegyüttállást akár az állatövi fény kúpjában is nézhetjük, hiszen az őszi hajnalok lehetőséget adnak erre is – ha tiszta az ég és jó az átlátszóság.

Őszi mélyeges kedvcsináló

A hosszabbodó őszi éjszakák a vénasszonyok nyara idején még gyakran párosulnak derült égbolttal, akár november közepén is kialakulhat még szép időjárás. Az őszerőtelműen a Tejút ideje, amelynek északi szakasza a zenitben delel, itt a Cassiopeia nagy W-je és a Cepheus „házikója” mellett felismerhetjük a Perseus Y alakját, benne számos fényes csillaghalmazzal.

Dél felé haladva az Andromeda és a Pegasus „hokiütője” uralja az égboltot, még délebbre a kissé kietlen „vizes” csillagképek: a Cetus, az Aquarius és a Halak tűnnek elő sötétebb égről. Ezen a tájékon néhány szép galaxis akadhat távcsővégre: a Szculptorban ott a tőlünk kissé alacsonyban látható NGC 253, egy 7 magnitúdós galaxis, a Vízöntőben a Csiga-köd (a Földhöz legközelebbi planetáris köd, amelynek fényessége 6,5 magnitúdó) és az M2 gömbhalmaz, a Bakban az M30, egy szokatlanul sűrű gömbhalmaz. Felhívjuk Olvasóink figyelmét, hogy az őszi ég délebbi csillagképeinek galaxisairól a mélyégarchívumban nem található sok jó anyag,



Az M33 Pósan Tibor felvételén. 25 cm-es távcsővel, Canon EOS 350D kamerával, 22×5 perc expozíciós idővel ISO 800 érzékenység mellett készült.



A Perseus-ikerhalmaz Németh Róbert felvételén. 20 T, Canon EOS 1000D, 10×5 perc ISO 800-on.

főleg a nagyobb távcsövekkel végzett megfigyelések, színvonalas galaxisrajzok hiányoznak. Ezért bármely itt végzett megfigyelés – ha nem a legismertebb 5-10 objektumról van szó – igen értékes lehet számunkra.

Az Andromedában ott az M31 (Andromeda-galaxis, fényessége 3,5 magnitúdó) és kísérői (M32 és M110, 8-9 magnitúdósak). Nem messze, a Triangulumban található az M33, amely szintén a Lokális halmaz része, akárcsak az Andromeda-galaxis és saját Tejútrendszerünk (és még néhány tucat törpe csillagváros). A Pegasusban az M15 gömbhalmaz és az NGC 7331 jelzésű 10 magnitúdós galaxis, amely az Andromeda-köd kistestvéreként látszik, hiszen sokkal nagyobb távolságban van tőlünk. A Cassiopeia és a Cepheus csillagképek mitikus párosa a nyílt csillaghalmazok és gázködök kifogyhatatlan tárháza, több tucat fényes és sok tucat halványabb halmaz várja, hogy felfedezzük őket. Csak néhányat említünk: NGC 7510, M52, NGC 457, NGC 663, NGC 7789, M103. Továbbhaladva a Tejút mentén délkelet felé, a Perseus és a Cassiopeia határán „belelökőzünk” a Perseus-ikerhalmaz fényes, kettős foltjába. A két csillaghalmaz – katalógusszámuk NGC 869 és 884 – fizikai kapcsolatban áll egymással, koruk azonos, távolságuk a Földtől 7200 fényév. A Perseus látványossága még az M34 és az NGC 1528 jelű halmaz is, de az NGC 1023-at becserkészve 9-10 magnitúdós, látványos csillagvárossal is találkozhatunk erre felé.

Ősszel kényelmesen megfigyelhető a Szekeres és a Bika is, amelyek szintén nagyon gazdagok nyílthalmazokban. Elég, ha csak a híres Fiastryúkra (Plejádok) gondolunk.

Internet ajánlat: honlapunkon a *Mélyég Kalauz* című sorozat, melyeg.mcse.hu

A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
11	1	5	4	19	ki	614 ω^1 Tau	5,5	95 – 25	68 D	240	+0,7	-0,6
11	3	2	35	5	ki	873	7,6	85 – 61	75 D	257	+1,9	+0,1
11	3	2	42	42	ki	77547	7,1	85 – 60	79 É	283	+1,7	-1,1
11	4	0	5	37	ki	1006 22 Gem	7,1	78 – 50	28 É	338	+1,9	-3,5
11	4	1	0	13	ki	95873	7,6	77 – 57	45 D	231	+1,8	+3,0
11	4	2	8	23	ki	95902	7,6	77 – 62	82 É	284	+1,9	-0,4
11	4	23	13	37	ki	1116	7,2	69 – 34	64 É	306	+1,0	+0,1
11	5	3	36	55	ki	96948	8,1	68 – 59	75 D	266	+2,0	+0,0
11	5	22	23	13	ki	1234	6,2	60 – 16	87 É	287	+0,3	+1,0
11	6	3	19	39	ki	97727	7,9	59 – 56	62 É	312	+1,5	-1,3
11	7	0	47	47	ki	98338	7,6	49 – 29	88 É	289	+0,8	+0,8
11	7	2	40	21	ki	1359 κ Cnc	5,2	49 – 45	67 É	310	+1,3	-0,6
11	8	3	49	49	ki	118028	7,3	38 – 43	77 D	276	+1,6	+0,7
11	8	4	19	37	ki	1469	7,6	38 – 46	35 É	344	+0,7	-2,4
11	10	3	31	10	ki	1691	9,0	19 – 21	78 É	301	+0,7	+0,4
11	11	4	23	41	ki	138862	9,0	10 – 17	61 D	259	+1,0	+1,8
11	16	16	30	42	be	2633 μ Sgr	3,8	11 + 9	74 D	102	+1,1	-1,5
11	16	17	5	56	be	186535	7,9	11 + 4	81 É	76	+0,6	-1,0
11	16	17	18	1	be	2638 15 Sgr	5,3	11 + 3	52 É	48	+0,2	-0,3
11	17	16	57	49	be	162382	8,3	19 + 14	52 É	42	+0,6	+0,1
11	17	17	23	6	be	X 45776	8,7	20 + 11	85 D	84	+1,0	-1,1
11	17	17	33	54	be	X 45781	8,4	20 + 10	58 É	48	+0,5	-0,2
11	17	17	44	10	be	2814 43 Sgr	4,9	20 + 9	27 D	143	+2,5	-4,8
11	17	17	52	27	be	2816	7,0	20 + 8	46 D	123	+1,4	-2,5
11	17	17	56	8	be	162442	7,5	20 + 7	81 D	88	+0,8	-1,2
11	17	18	3	27	be	X 45827	8,1	20 + 6	69 D	101	+0,9	-1,6
11	18	18	22	6	be	2958	7,7	30 + 14	42 É	27	+0,2	+0,6
11	19	17	30	35	be	3093 ν Aqr	4,5	40 + 28	31 É	13	+0,3	+1,7
11	19	18	16	34	ki	3093 ν Aqr	4,5	40 + 24	-47 É	295	+2,0	-2,2
11	22	19	36	17	be	128329	7,5	72 + 42	67 É	46	+1,2	+0,8
11	23	22	25	7	be	68 51 Psc	5,8	81 + 31	38 D	121	+1,3	-3,4
11	24	16	41	31	be	173	6,5	87 + 37	64 É	45	+0,7	+2,3
11	25	0	30	49	be	203	6,8	88 + 22	88 É	69	+0,6	-0,9
11	29	21	36	58	ki	808	6,8	98 – 54	63 É	305	+1,8	-0,6
11	30	0	19	32	ki	77196	7,3	98 – 62	85 D	273	+1,8	-0,5
11	30	1	3	56	ki	826	7,1	98 – 58	62 É	306	+1,4	-2,3
11	30	3	8	38	ki	837	6,2	98 – 40	54 É	314	+0,5	-2,8
11	30	19	15	56	ki	940 68 Ori	5,8	95 – 24	76 É	293	+0,6	+0,9
11	30	22	26	59	ki	95495	7,5	95 – 54	23 D	213	+1,3	+5,1

Évforduló

50 éve történt: az első Mars-kutató szonda, a szovjet Marsz-1 indítása

Az automatikus bolygóközi szondát arra tervezték, hogy alig 11 000 km-re repüljön el a Mars felszíne fölött, készítsen képeket a Mars felszínéről, adatokat küldjön vissza a Földre a kozmikus sugárzásról, mikrometeor-becsapódásokról, a Mars mágneses teréről, sugárzási környezetéről, légkörének összetételéről és annak esetleges szerves összetevőiről.

A Marsz-1 szonda úgynevezett Venyera típusú bolygókutató szonda, nagyjából 3,3 m hosszú és 1 m átmérőjű, tömege 893 kg. Kinyitott napelemtábláival és hűtőrádiátoraival elérte a 4 m fesztávot. A test két ellentétes oldalán egy-egy 2,6 m² felületű

napelemtábla termelte az elektromos energiát, amit egy mindössze 42 Ah kapacitású Ni-Cd akkumulátorban tároltak. Két kisebb rúdantenna mellett egy 1,7 m átmérőjű parabolaantenna szolgált a kommunikáció céljaira. Az 1962. november 1-jei indítás rendben lezajlott, a földi parkolópálya elhagyása után szétvált a szonda és a gyorsítórakéta negyedik fozkozata, a Marsz-1 elindult célja felé. Először kétnaponta, majd ötnaponta kommunikáltak a követőállomásokról a szondával (összesen 61 alkalommal sikerült kapcsolatba lépni vele), eközben a paran-



cok felküldésén kívül rengeteg hasznos tudományos adatot is szerezve a bolygóközi térről. 1963. március 21-én a terv szerinti kommunikációs kísérlet sikertelen volt – és ekkortól kezdve a szondával nem sikerült többé kapcsolatot létesíteni. A pályaszámítások szerint 1963. június 19-én lehetett a Marshoz legközelebb a szonda, körülbelül 193 000 km-re. Ezután Nap körüli pályára térve mesterséges bolygóvá vált, és valószínűleg a mai napig így kering.

A menet közben történt meghibásodás miatt a bolygóközi térben végzett mérések eredményei váltak a misszió maradandó értékévé. Már a Földtől 6000 és 40 000 km közötti távolságban kétpercenként egy mikrometeorit-becsapódás érzékelésével a Taurida meteorrajon történő áthaladást regisztrálta. Hasonló sűrűségű ismeretlen meteorrajon haladt keresztül a Földtől 20 és 40 millió km közötti tartományban is. A bolygóközi mágneses tér intenzitását általában 3-4 nanoteslának mérte, de néhány esetben 6-9 nT-t is elérő csúcsokat érzékelt, és a napszelet is detektálta. A kozmikus sugárzás méréseiből megállapították, hogy 1959 óta megkétszereződött az erőssége. A Föld mágnesoszféráját és sugárzási övezeteit is érzékelt, és erősségükre vonatkozó korábbi méréseket igazolta, valamint a napszél intenzitása és a geomágnesesség közötti összefüggést is kimutatta.

Meteorrajok

Név	aktivitás	maximum	SL	RA (2000)	D	v	ARA	AD	ZHR
Quadrantidák (QUA)	12.28–01.12.	01.04,3	283	230	+49	41	0,40	−0,20	60–200
Delta Canridák (DCA)	01.01–01.24.	01.17.	297	130	+20	28			4
Delta Leonidák (DLE)	02.15–03.10.	02.24.	336	168	+16	20			2
Kappa Serpentidák (KSE)	04.01–04.07.	04.05.	15	231	+18	45	1,00	0,00	4
Áprilisi Lyridák (LYR)	04.16–04.25.	04.22,2	32	272	+33	48	1,23	0,17	18*
Éta Aquaridák (ETA)	04.19–05.28.	05.05.	46	338	−01	66	0,76	0,42	40–85
Epszilon Lyridák (ELY)	05.03–05.14.	05.08.	48	287	+44	43			3
Tau Herculisidák (TAH)	05.31–06.10.	06.03.	72	229	+40	15	0,90	−0,10	0–2*
Júniusi Lyridák (JLY)	06.11–06.21.	06.15.	85	278	+35	33			0–5
Júniusi Bootidák (JBO)	06.22–07.02.	06.27,1	96	226	+49	16	0,60	−0,40	2*
Pegaszidák (JPE)	07.07–07.13.	07.08.	106	332	+15	30			3
Piscis Austrinidák (PAU)	07.15–08.10.	07.27.	124	348	−26	44	0,80	0,20	5
Déli Delta Aquaridák (SDA)	07.12–08.23.	07.29.	127	339	−16	41	0,73	0,26	16
Alfa Capricornidák (CAP)	07.03–08.15.	07.29.	127	306	−09	22	0,54	0,25	5
Perseidák (PER)	07.17–08.24.	08.12,5	140	48	+58	59	1,38	0,18	100
Kappa Cygnidák (KCG)	08.03–08.25.	08.17.	145	281	+56	23	0,30	0,10	3
Alfa Aurigák (AUR)	08.28–09.05.	08.31.	159	89	+40	66	1,00	0,20	5*
Szeptemberi Perseidák (SPE)	09.04–09.14.	09.09.	167	49	+39	64			5
Októberi Capricornidák (OCC)	09.20–10.14.	10.03.	190	303	−10	10	1,00	0,00	3
Draconidák (GIA)	10.06–10.10.	10.08.	195	263	+56	20	1,90	0,30	2*
Déli Tauridák (STA)	09.10–11.20.	10.10.	197	32	+09	27	0,73	0,18	5
Delta Aurigák (DAU)	10.10–10.18.	10.11.	198	84	+44	64	1,20	0,10	2
Epszilon Geminidák (EGE)	10.14–10.27.	10.18.	205	102	+27	70	0,70	0,10	3
Orionidák (ORI)	10.02–11.07.	10.21.	208	95	+16	66	0,70	0,11	25
Leo Minoridák (LMI)	10.19–10.27.	10.24.	211	161	+37	62	1,42	−0,36	2
Északi Tauridák (NTA)	10.20–12.10.	11.12.	230	58	+22	29	0,80	0,16	5
Leonidák (LEO)	11.06–11.30.	11.17,4	235	153	+22	71	0,66	−0,33	15*

Meteorrajok

Név	aktivitás	maximum	SL	RA (2000)	D	v	Δ RA	Δ D	ZHR
Alfa Monocerotidák (AMO)	11.15–11.25.	11.21.	239	117	+01	64	1,00	0,00	4*
Khi Orionidák (XOR)	11.26–12.15.	12.02.	250	82	+20	44	1,00	0,00	4
Puppikák–Velidák (PUP)	12.01–12.15.	12.07.	255	123	-45	40			10
Monocerotidák (MON)	11.27–12.17.	12.08.	257	100	+08	42	0,83	-0,05	2
Szigma Hydridák (HYD)	12.03–12.15.	12.11.	260	127	+02	58	0,72	-0,21	3
Geminidák (GEM)	12.04–12.17.	12.14,0	262	112	+33	35	1,02	-0,15	120
Coma Berenicidák (COM)	12.12–01.23.	12.15.	264	175	+18	65	0,85	-0,10	4
Ursidák (URS)	12.17–12.26.	12.22,3	271	218	+75	33	0,20	-0,30	10*

* = A raj időnként a megadott aktivitásnál jóval nagyobb kitéréseket produkál.

Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
1	1:16,4 2: 3,4 3:27,0 4:13,4 22:36,1	Io Io Io Io Io	ák ek áv ev fk
2	1:33,6 19:44,8 20:29,7 21:55,5 22:39,7	Io Io Io Io Io	mv ák ek áv ev
3	3:34,9 17: 4,7 19:59,8 20:29,6 22:35,4 23:33,3	Europa Io Io Ganymedes Ganymedes Ganymedes	fk fk mv fk fv mk
4	1:25,4 17: 6,0 22:44,0	Ganymedes Io Europa	mv ev ák
5	0:10,7 1: 8,5 2:31,4	Europa Europa Europa	ek áv ev
6	16:52,5 20:35,2	Europa Europa	fk mv
8	3:10,3 3:48,2	Io Io	ák ek
9	0:30,5 3:18,4 21:38,8 22:14,3 23:49,7	Io Io Io Io Io	fk mv ák ek áv
10	0:24,5 18:59,0 21:44,5	Io Io Io	ev fk mv
11	0:29,2 2:36,0 2:53,5 4:45,9 16:40,4 18:18,3 18:50,6	Ganymedes Ganymedes Ganymedes Ganymedes Io Io Io	fk fv mk mv ek áv ev
12	1:20,3	Europa	ák

nap	UT h:m	hold	jelenség
12	2:27,2	Europa	ek
	3:45,0	Europa	áv
	4:48,0	Europa	ev
13	19:28,0	Europa	fk
	22:50,9	Europa	mv
14	16:38,9	Ganymedes	ek
	16:42,4	Ganymedes	áv
	18:30,3	Ganymedes	ev
15	5: 4,3	Io	ák
	17: 3,0	Europa	áv
	17:55,6	Europa	ev
16	2:24,9	Io	fk
	5: 2,5	Io	mv
	23:32,9	Io	ák
	23:58,3	Io	ek
17	1:44,0	Io	áv
	2: 8,6	Io	ev
	20:53,4	Io	fk
	23:28,4	Io	mv
18	4:28,8	Ganymedes	fk
	18: 1,5	Io	ák
	18:24,2	Io	ek
	20:12,7	Io	áv
	20:34,6	Io	ev
19	3:56,5	Europa	ák
	4:42,2	Europa	ek
	17:54,4	Io	mv
20	22: 3,8	Europa	fk
21	1: 5,5	Europa	mv
	18:36,5	Ganymedes	ák
	19:55,8	Ganymedes	ek
	20:44,0	Ganymedes	áv
	21:48,1	Ganymedes	ev
22	17:14,4	Europa	ák
	17:49,1	Europa	ek
	19:39,4	Europa	áv

nap	UT h:m	hold	jelenség
22	20:10,3	Europa	ev
23	4:19,3	Io	fk
24	1:27,1	Io	ák
	1:41,8	Io	ek
	3:38,5	Io	áv
	3:52,3	Io	ev
	22:47,9	Io	fk
25	1:12,0	Io	mv
	19:55,8	Io	ák
	20: 7,7	Io	ek
	22: 7,2	Io	áv
	22:18,2	Io	ev
26	17:16,6	Io	fk
	19:37,9	Io	mv
27	16:35,9	Io	áv
	16:44,1	Io	ev
28	0:39,9	Europa	fk
	3:19,6	Europa	mv
	22:36,3	Ganymedes	ák
	23:10,2	Ganymedes	ek
29	0:44,9	Ganymedes	áv
	1: 3,7	Ganymedes	ev
	19:50,7	Europa	ák
	20: 2,8	Europa	ek
	22:15,8	Europa	áv
	22:24,3	Europa	ev

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

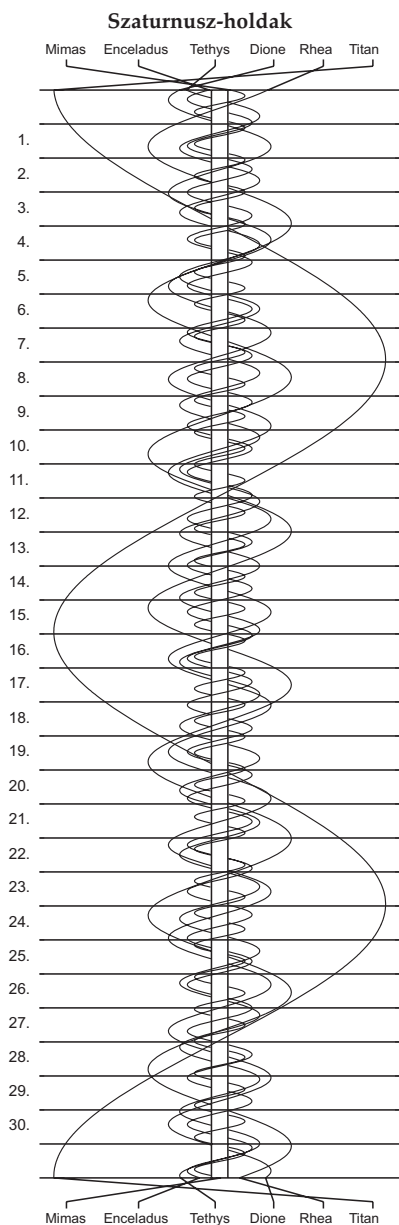
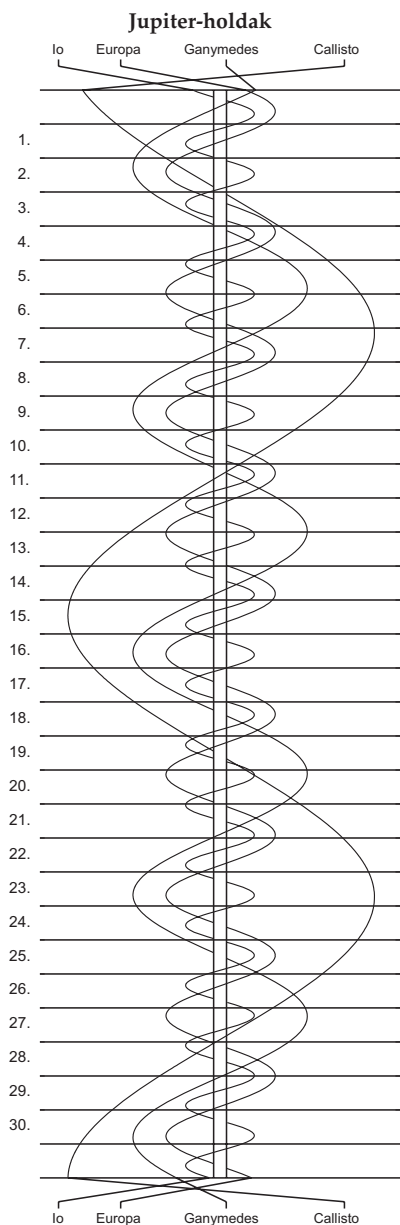
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

m= mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége



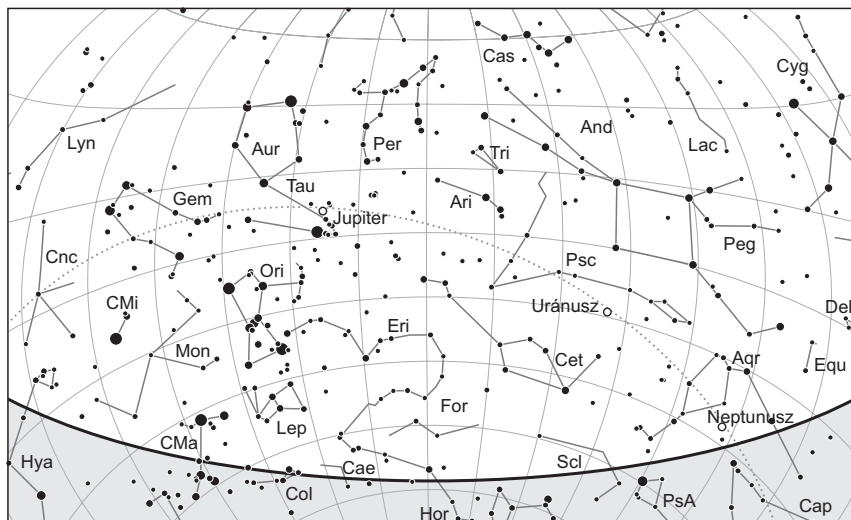
$\lambda = 19^\circ, \varphi = 47,5^\circ$ **Kalendárium – december**

KÖZEI

Dátum	Nap					Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	h_d °	E_t m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	
1. sz 336.	7 10	11 33	15 55	20,6	+11,0	18 30	1 25	9 10	
2. v 337.	7 12	11 33	15 55	20,5	+10,6	19 30	2 12	9 47	
49. hét									
3. h 338.	7 13	11 34	15 54	20,4	+10,2	20 33	2 59	10 18	
4. k 339.	7 14	11 34	15 54	20,2	+9,8	21 37	3 45	10 46	
5. sz 340.	7 15	11 34	15 54	20,1	+9,4	22 44	4 30	11 12	● 16 31
6. cs 341.	7 16	11 35	15 53	20,0	+9,0	23 52	5 16	11 37	
7. p 342.	7 17	11 35	15 53	19,9	+8,6	–	6 03	12 03	
8. sz 343.	7 18	11 36	15 53	19,8	+8,1	1 03	6 51	12 30	
9. v 344.	7 19	11 36	15 53	19,7	+7,7	2 16	7 43	13 00	
50. hét									
10. h 345.	7 20	11 37	15 53	19,6	+7,2	3 32	8 38	13 36	● 9 42
11. k 346.	7 21	11 37	15 53	19,5	+6,8	4 49	9 37	14 20	
12. sz 347.	7 22	11 37	15 53	19,4	+6,3	6 04	10 40	15 13	
13. cs 348.	7 23	11 38	15 53	19,4	+5,8	7 12	11 44	16 17	
14. p 349.	7 24	11 38	15 53	19,3	+5,4	8 10	12 47	17 29	
15. sz 350.	7 25	11 39	15 53	19,2	+4,9	8 57	13 47	18 45	● 6 19
16. v 351.	7 25	11 39	15 54	19,2	+4,4	9 36	14 44	20 00	
51. hét									
17. h 352.	7 26	11 40	15 54	19,2	+3,9	10 08	15 36	21 14	
18. k 353.	7 27	11 40	15 54	19,1	+3,4	10 35	16 25	22 24	
19. sz 354.	7 27	11 41	15 55	19,1	+2,9	11 01	17 11	23 32	● 6 19
20. cs 355.	7 28	11 41	15 55	19,1	+2,4	11 25	17 56	–	
21. p 356.	7 28	11 42	15 56	19,1	+1,9	11 50	18 41	0 38	
22. sz 357.	7 29	11 42	15 56	19,1	+1,4	12 16	19 25	1 42	
23. v 358.	7 29	11 43	15 57	19,1	+1,0	12 45	20 11	2 44	
52. hét									
24. h 359.	7 30	11 43	15 57	19,1	+0,5	13 18	20 57	3 45	○ 11 21
25. k 360.	7 30	11 44	15 58	19,2	–0,0	13 56	21 44	4 43	
26. sz 361.	7 30	11 44	15 59	19,2	–0,5	14 39	22 33	5 37	
27. cs 362.	7 31	11 45	15 59	19,2	–1,0	15 29	23 21	6 26	
28. p 363.	7 31	11 45	16 00	19,3	–1,5	16 24	–	7 10	
29. sz 364.	7 31	11 46	16 01	19,4	–2,0	17 23	0 09	7 48	
30. v 365.	7 31	11 46	16 02	19,4	–2,5	18 25	0 57	8 22	
1. hét									
31. h 366.	7 31	11 47	16 03	19,5	–3,0	19 29	1 43	8 51	

december

nap	Julián dátum 12 ^h UT	θ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 456 263	4 41 00	Elza, Arnold, Blanka, Ede, Natália, Natasa, Oszkár
2.	2 456 264	4 44 57	Melinda, Vivien, Aranka, Aurélia, Dénes
3.	2 456 265	4 48 53	Ferenc, Olívia
4.	2 456 266	4 52 50	Borbála, Barbara, Boróka, Péter
5.	2 456 267	4 56 47	Vilma, Ábel, Csaba, Csanád, Dalma
6.	2 456 268	5 00 43	Miklós, Nikolett, Nikoletta
7.	2 456 269	5 04 40	Ambrus
8.	2 456 270	5 08 36	Mária, Emőke, Mátyás
9.	2 456 271	5 12 33	Natália, Ábel, Georgina, György, Györgyi, Péter, Valéria
10.	2 456 272	5 16 29	Judit, Livia, Loretta
11.	2 456 273	5 20 26	Árpád, Dániel
12.	2 456 274	5 24 22	Gabriella, Franciska, Johanna
13.	2 456 275	5 28 19	Luca, Otília, Éda, Elza, Lúcia
14.	2 456 276	5 32 16	Szilárda
15.	2 456 277	5 36 12	Valér, Dezső, Mária
16.	2 456 278	5 40 09	Etelka, Aletta, Alida, Beáta, Tihamér
17.	2 456 279	5 44 05	Lázár, Olimpia
18.	2 456 280	5 48 02	Augusztá, Dezső, Mária
19.	2 456 281	5 51 58	Viola
20.	2 456 282	5 55 55	Teofil, Ignác, Krisztián
21.	2 456 283	5 59 51	Tamás, Péter
22.	2 456 284	6 03 48	Zénó, Anikó
23.	2 456 285	6 07 45	Viktória
24.	2 456 286	6 11 41	Ádám, Éva, Adél, Alinka, Ervin, Hermina, Noémi
25.	2 456 287	6 15 38	Karácsony; Eugénia, Anasztázia
26.	2 456 288	6 19 34	Karácsony; István, Dénes, Előd, Stefánia
27.	2 456 289	6 23 31	János
28.	2 456 290	6 27 27	Kamilla, Ármin, Gáspár
29.	2 456 291	6 31 24	Tamás, Tamara, Dávid, Gáspár
30.	2 456 292	6 35 20	Dávid, Dénes, Hunor, Margit, Zalán
31.	2 456 293	6 39 17	Szilveszter, Darinka, Katalin, Kitty, Melánia



A déli égbolt december 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Bolygók

Merkúr: A hónap elején majdnem két órával kel a Nap előtt, viszonylag magasan látszik a hajnali délkeleti ég alján. 4-én kerül legnagyobb nyugati kitérésbe, $20,6^\circ$ -ra a Naptól. Ez évi legjobb hajnali megfigyelhetősége a hónap nagyobb részére kiterjed, 24-én is még egy órával kel a Nap előtt. A hónap végére azonban láthatósága gyorsan romlik, a bolygó elvész a reggeli fényben.

Vénusz: A hajnali égbolt feltűnő égiteste, fényesen ragyog a keleti égen. A hónap elején két és fél, a végén másfél órával kel a Nap előtt. Fényessége $-4,0^m$ -ról $-3,9^m$ -ra, átmérője $11,8''$ -ről $10,8''$ -re csökken, fázisa $0,88$ -ról $0,94$ -ra nő.

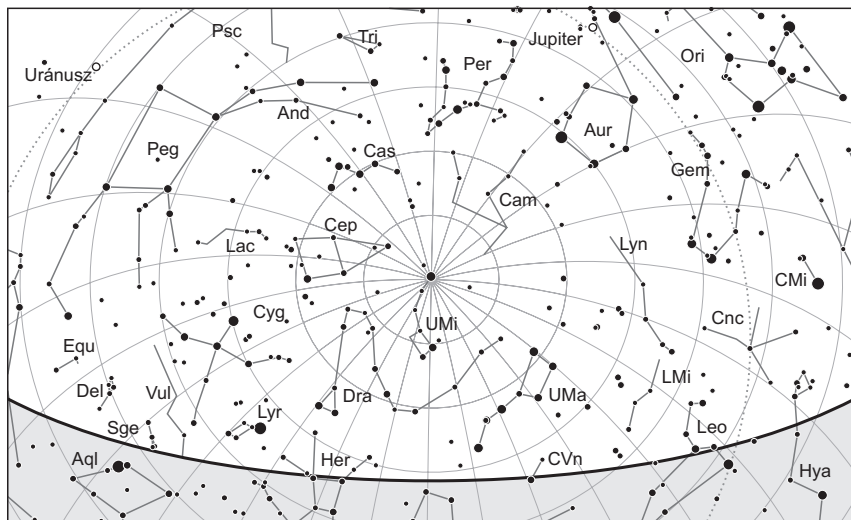
Mars: Előretartó mozgást végez a Nyilas, majd a Bak csillagképben. Továbbra is két órával nyugszik a Nap után, és az esti délnyugati ég alján kereshető. Fényessége $1,2^m$ értéken stagnál, miközben látszó átmérője $4,4''$ -ről $4,2''$ -re változik.

Jupiter: Hátráló mozgást végez a Bika csillagképben. 3-án szembenállásban van a Nappal. Egész éjszaka magasan látható mint fényes égitest a Bika feje közelében. Fényessége $-2,8^m$, átmérője $48''$.

Szaturnusz: Kora hajnalban kel, az éjszaka második felében látható. Folytatja előretartó mozgását a Szűz, 6-ától pedig a Mérleg csillagképben. Fényessége $0,6^m$, átmérője $16''$.

Uránusz: Az éjszaka első felében kereshető a Halak csillagképben. Éjfél körül nyugszik. 13-án hátráló mozgása ismét előretartóvá változik.

Neptunusz: Az esti órákban figyelhető meg a Vízöntő csillagképben. Késő este nyugszik.



Az északi égbolt december 15-én 20:00-kor (KÖZEI)

Eseménynaptár (UT)

Dátum Időpont Esemény

- | | | |
|--------|-------|---|
| 12.01. | 3:48 | A (192) Nausikaa kisbolygó (12,4 ^m) elfedi a TYC 0850-00869-1-et (10,9 ^m) |
| 12.01. | 13:21 | A Merkúr bolygó dichotómiája (50,0% fázis, 20,0°-os nyugati elongáció, 7,3" látszó átmérő) |
| 12.02. | 20:21 | A Jupiter bolygó eléri legnagyobb látszó fényességét, -2,8 magnitúdót (a bolygó látszó átmérője 48,5", Taurus csillagkép) |
| 12.02. | 21:20 | A 84,3%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől az 1 Cnc (5,8 ^m) 1'14"-re északra (a déli országrészből súroló fedés látható) |
| 12.03. | 1:47 | A Jupiter bolygó oppozícióban (-2,8 ^m látszó fényesség, 48,5" látszó átmérő, Taurus csillagkép) |
| 12.03. | 22:41 | A Hold mögül kilép az 50 Cancri (5,9 ^m , 76,1%-os, csökkenő holdfázis) |
| 12.04. | 4:04 | A Hold mögül kilép a 60 Cancri (5,4 ^m , 74,2%-os, csökkenő holdfázis) |
| 12.04. | 22:48 | A Merkúr bolygó legnagyobb nyugati elongációja (20,6°-os elongáció, -0,5 ^m látszó fényesség, 6,7" átmérő, 62% fázis, Libra csillagkép) |
| 12.05. | 3:44 | A Hold északi librációja (b = 6,84°, l = -7,03°) |
| 12.05. | 22:29 | A Hold maximális librációja (l = -7,32°, b = 6,74°) |
| 12.06. | 2:04 | A Callisto (Jupiter-hold) 7"-re elhalad a Jupiter északi pólusa felett |
| 12.06. | 15:23 | A Hold nyugati librációja (l = -7,40°, b = 6,47°) |
| 12.06. | 15:31 | Utolsó negyed (a Hold a Leo csillagképben) |
| 12.08. | 16:07 | Az esti szürkületben a (18) Melpomene kisbolygó (10,7 ^m) az o Cap-tól 5'55"-re keletre |

Dátum Időpont Esemény

12.08.	19:01	Az Europa (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
12.09.	4:49	Az Io (Jupiter-hold) fogyatkozásának vége
12.09.	5:44	A Merkúr bolygótól 6,3°-kal nyugatra a Vénusz bolygó
12.09.	11:10	A (4) Vesta kisbolygó oppozícióban (6,6 ^m látszó fényesség, Taurus csillagkép)
12.10.	5:06	A reggeli szürkületben a Szaturnusz bolygó a 2 Lib-től (6,2 ^m) 7'8"-re délre
12.10.	5:45	A hajnali szürkületben a 13,9%-os, csökkenő fázisú Holdtól 5,4°-kal északkeletre a Szaturnusz bolygó
12.10.	16:50	A (24) Themis kisbolygó (11,4 ^m) a κ^1 Tau-tól 1'38"-re északra
12.11.	5:46	A hajnali szürkületben a 6,7%-os, csökkenő fázisú Holdtól 4,5°-kal keletre a Vénusz bolygó
12.12.	5:47	26 óra 55 perces holdsarló 4,9° magasan a hajnali égen (a Merkúr és a Szaturnusz bolygótól 4,1°-ra, illetve 27,6°-ra délkeletre, a Vénusz bolygótól 10,3°-ra keletre), a Hold, a Merkúr, a Vénusz és a Szaturnusz bolygó látványos együttállása
12.12.	9:09	A Hold minimális librációja ($l = -1,15^\circ$, $b = -1,28^\circ$)
12.12.	23:06	A Hold földközeli (földtávolság: 357 070 km, látszó átmérő: 33'28", 0,3%-os, csökkenő holdfázis)
12.13.	3:19	A (9) Metis kisbolygó (9,0 ^m) a 47 Gem-től 2'4"-re délnyugatra
12.13.	8:42	Újhold (a Hold az Ophiuchus csillagképben)
12.13.	9:44	A Hold eléri legkisebb deklinációját -21,8°-nál (0,0%-os, növekvő holdfázis)
12.13.	23:00	A Geminidák meteorraj maximuma (radiáns 65° magasan, a fél napos holdsarló nem zavar a megfigyelésben)
12.14.	15:29	30 óra 47 perces holdsarló 7,2° magasan az esti égen (Mars bolygótól 11,3°-ra nyugatra)
12.14.	16:08	Az esti szürkületben a Neptunusz bolygó a 38 Aqr-től (5,4 ^m) 19'41"-re délre
12.15.	15:29	Az esti szürkületben a 7,7%-os, növekvő fázisú Holdtól 6,1°-kal délnyugatra a Mars bolygó
12.15.	22:57	A (688) Melanie kisbolygó (15,0 ^m) elfedi a TYC 0746-00977-1-et (9,2 ^m)
12.17.	16:40	A Hold déli librációja ($b = -6,74^\circ$, $l = 7,41^\circ$)
12.18.	2:36	A (9) Metis kisbolygó (8,9 ^m) az NGC 2331 nyílthalmaztól (8,5 ^m) 1,2'-re északkeletre (halmazon belül)
12.18.	6:46	Az (1) Ceres törpebolygó oppozícióban (7,0 ^m látszó fényesség, Taurus csillagkép)
12.18.	12:23	A Hold maximális librációja ($l = 7,79^\circ$, $b = -6,61^\circ$)
12.19.	1:40	A Hold keleti librációja ($l = 7,86^\circ$, $b = -6,39^\circ$)
12.19.	19:38	A Hold mögé belép a 9 Piscium (6,3 ^m , 45,9%-os, növekvő holdfázis)
12.19.	19:56	A Hold mögé belép a κ Piscium (4,9 ^m , 46,0%-os, növekvő holdfázis)
12.20.	0:00	A Coma Berenicidák meteorraj elhúzóódó maximuma (radiáns 28° magasan, a 22:32 UT-kor lenyugvó Hold nem zavar a megfigyelésben)
12.20.	5:19	Első negyed (a Hold a Pisces csillagképben)
12.20.	22:49	A (31) Euphrosyne kisbolygó (11,9 ^m) a 23 Com-tól 3'51"-re északra

Dátum Időpont Esemény

12.21.	3:49	A (21) Lutetia kisbolygó (10,9 ^m) az M35 nyílthalmaztól (5,1 ^m) 3,1'-re délre (halmazon belül)
12.21.	11:12	Téli napforduló
12.22.	5:14	A reggeli szürkületben a (21) Lutetia kisbolygó (10,9 ^m) az NGC 2158 nyílthalmaztól (8,6 ^m) 13,8'-re északra
12.22.	5:14	A hajnali szürkületben az Ursidák meteorraj maximuma (radiáns 60° magasán, a 00:42 UT-kor lenyugvó Hold nem zavar a megfigyelésben)
12.24.	0:31	A Ganymedes (Jupiter-hold) fogyatkozásának kezdete, kilépés az árnyékból 02:44 UT-kor
12.24.	3:21	A Jupiter bolygó a HIP 20785-1-től (8,7 ^m) 41''-re délre
12.25.	5:16	A reggeli szürkületben a (40) Harmonia kisbolygó (11,8 ^m) az NGC 4632 galaxistól (11,7 ^m) 10,6'-re keletre
12.25.	18:08	A Hold minimális librációja ($l = 1,16^\circ$, $b = 1,21^\circ$)
12.25.	21:06	A Hold földtávolban (földtávolság: 406 119 km, látszó átmérő: 29'25'', 94,3%-os, növekvő holdfázis)
12.26.	1:13	A 95,0%-os, növekvő fázisú Holdtól 55'-kal északra a Jupiter bolygó
12.26.	18:30	A Hold mögé belép a 106 Tauri (5,3 ^m , 97,5%-os, növekvő holdfázis)
12.26.	21:32	A Hold eléri legnagyobb deklinációját 20,5°-nál (97,9%-os, növekvő holdfázis)
12.27.	16:33	Két Jupiter-hold (Io és Ganymedes) árnyéka látszik a bolygó korongján 16:50 UT-ig
12.27.	16:38	A Hold súrolva elfedi a χ^1 Orionist az északi pereme mentén (4,4 ^m , 99,4%-os, növekvő holdfázis)
12.27.	16:52	A 99,5%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől az 57 Ori (5,9 ^m) 2'14''-re délre
12.27.	21:40	A Hold mögé belép a χ^2 Orionis (4,6 ^m , 99,7%-os, növekvő holdfázis)
12.27.	22:07	A 99,7%-os, növekvő fázisú holdkorong peremétől a 64 Ori (5,2 ^m) 4'56''-re délre
12.28.	2:50	A Hold mögé belép a 68 Orionis (5,8 ^m , 99,8%-os, növekvő holdfázis)
12.28.	10:21	Telehold (a Hold a Gemini csillagképben)
12.30.	22:28	A (464) Megaira kisbolygó (13,7 ^m) elfedi a TYC 0641-00358-1-et (10,3 ^m)
12.31.	3:11	A (4) Vesta kisbolygó (6,9 ^m) az NGC 1647 nyílthalmaztól (6,4 ^m) 52,2'-re délre
12.31.	3:40	A 93,0%-os, csökkenő fázisú holdkorong peremétől a 45 Cnc (5,6 ^m) 4'20''-re északkeletre

Hármas bolygóegyüttállás a hajnali égen

December 9-én hajnal előtt a délkeleti égen a Merkúr, a Vénusz és a Szaturnusz közel egy vonalban áll az egyre csökkenő holdsarlóval, 10-én a sarló körülbelül 6 fokra megközelíti a Holdat, 11-én a Vénusztól körülbelül 5 fokra látható. 12-én a már pirkadó láthatáron a Merkúrtól mintegy 4 fokra kel a sarló, napkelte előtt alig egy órával, de még jól látható távolságban. A látványos együttállás-sorozatot érdemes lesz minden nap megnézni, lehetőség szerint megörökíteni!

A Jupiter oppozíciója

Naprendszerünk legnagyobb bolygója december 3-án kerül oppozícióba. Fényessége ekkor $-2,7$ magnitúdó lesz, delelés-kori legnagyobb horizont feletti magassága meghaladja a 63 fokot. Az elmúlt években tapasztalt alacsony delelési magasságok után most ismét örülhetünk annak hogy a talán legszebb és – viszonylag nagy látszó mérete folytán – legkönnyebben észlelhető planéta megfigyelési körülményei ilyen kedvezően alakulnak. Ebben az időszakban látszó átmérője 48 ívmásodperc. Földünkről nézve a Jupiter északi pólusvidékére látunk rá jobban. Az oppozíciót megelőző őszi hónapok sokszor kedvező időjárása, a nyirkos, ködös, de sokszor nyugodt légkörű hajnalai, az égitest magas delelései remek alkalmat teremtenek az észlelésre, és minden eddiginél jobb, részletdúsabb felvételek és rajzok elkészítésére nyújtanak kiváló lehetőséget. A szembenállás időszakában a hosszú téli éjszakák pedig a bolygó majdnem egész felületét lefedő animációk és szalagrajzok elkészítésének lehetőségét kínálja.



A Jupiter 2009. szeptember 10-én, Stefan Buda felvételén.

December 27. – Két hold árnyéka a Jupiteren

Az augusztusi jelenségsorozatot követően a két ünnep között, az esti égbolton kerül sor egy újabb látványos jelenségre. 15:56 UT-kor kezdődik az Io átvonulása, amely egészen 18:07-ig tart. Közben, 16:32-kor a hold árnyéka is megjelenik, és marad is a korongon 18:44-ig. Ugyanakkor 16:50-ig látható a bolygón a Ganymedes árnyéka, azaz bő negyed órán át két hold árnyéka figyelhető meg az óriásbolygó felhőzetén.

December 18. – A (9) Metis kisbolygó (8,9 magnitúdó) az NGC 2331 nyílthalmaz előtt

Az NGC 2331 igen laza, szórt csillagcsoport a 47 Geminorumtól 1 fokkal NyÉNy felé. Fizikai adatai nem ismertek kielégítően. Ezen a 8,5 magnitúdós, 20'-es csoporton halad át látszólag a 8,7 magnitúdós (9) Metis kisbolygó. Naprendszerünk eme kis égiteste a főövbeli aszteroidák egyik legnagyobbika bő 200 km-es átmérőjű és ellipszoid alakú. 1848. április 25-én fedezte fel az ír Andrew Graham. A kisbolygó érdekessége, hogy valaha egy törpebolygó része volt, a hozzá hasonló (113) Amaltheával együtt. A Metis szokatlanul magas sűrűsége ($3,3\text{--}8,9\text{ g/cm}^3$ között) és felszínének összetétele (olivin ásvány mellett nikkelt és vasat tartalmaz) azt sugallja, hogy döntően fémekből áll, és az egykori törpebolygó magja lehet.

December 21. – A (21) Lutetia kisbolygó (10,9 magnitúdó) az M35 nyílthalmaz előtt



A (21) Lutetia kisbolygó a Rosetta-űrszonda felvételén (ESA).

A téli ég emblematis nyílthalmaza, az 5 magnitúdós és fél fok kiterjedésű M35 mindenki számára ismerős lehet. A téli napforduló estéjén kiegészül a (21) Lutetia kisbolygó parányi, 10,9 magnitúdós pöttyével. Ez az apró égitest egy szabálytalan szikladarab, amit az ESA Rosetta szondája 2010-ben megközelített, és részletes fényképeket készített róla. Sűrűsége alapján kő-vas kondrit összetételű lehet.

A Bianchini-kráter

A Mare Imbrium északnyugati szélén egy hatalmas méretű félköríves öblöt találhatunk, a Sinus Iridumot, vagyis a Szivárvány Öblét. Ez valamikor egy óriási, 260 kilométer átmérőjű kráter volt, melynek szülőégitestje az Imbrium-medence falába csapódott nem



A Bianchini-kráter Molnár Péter felvételén.

sokkal a medence születése után, de még a lávával való feltöltődése előtt. Mára ebből a kráterből csak a sáncfalának északi és nyugati fele maradt meg, többi részének a nyomait is alig találjuk. A Sinus Iridum még szabad szemmel is kivehető a terminátor csorbulásaként, de egy kis binokulárral minden nehézség nélkül azonosíthatjuk. A Sinus Iridum sáncfala külön nevet kapott: Montes Jura, magyarul Jura-hegység, amely átlagosan 4000 méter magas, de egyes helyeken a 6000 méteres magasságot is eléri. Meglehető-

sen hirtelen szakad meg mind a nyugati, mind a keleti felén. A hegység nyugati végét az 1700 méteres Heraclides-hegyfok, míg keleti végét a 2600 méter magas Laplace-hegyfok zárja. A Jura-hegység északi részébe egy jókora, 38 kilométeres kráter csapódott: a Bianchini. A Bianchini szép példa a fiatal, teraszos falszerkezetű, központi csúcsos, úgynevezett komplex kráterekre. A legkisebb optikai segédeszközben is feltűnik, de a finomabb részletek megpillantásához legalább 8–10 centiméteres távcső szükséges. Nagy nagyítással feltűnő a kráter észak-déli irányban megnyúlt központi csúcsa; az északi belső sáncfalon egy jókora omlást is felfedezhetünk. Ez az ék alakú omlás majdnem a központi csúcsig ér. A Bianchini-kráter a $48,7^\circ$ szelenografikus szélességen és a $34,3^\circ$ szelenografikus hosszúságon helyezkedik el. Ebből adódóan kissé ferden látunk rá, aminek következtében alakja eltorzult. Valójában a Bianchini-kráter kissé szögletes, ami kisebb távcsövekkel is feltűnő látvány.

A Hold csillagfedései

Dátum hó nap	UT			J	Csillag		Hold		Pozíció		Korrekció	
	h	m	s		ZC/SAO név	m	fázis	h	CA	PA	A	B
12 1	1	33	25	ki	95586	7,8	95 –	59	51 É	319	+1,3	–2,7
12 3	1	47	9	ki	1212	7,3	83 –	58	42 D	238	+2,5	+2,1
12 3	22	41	10	ki	1318 50 Cnc	5,9	76 –	29	65 D	263	+0,8	+1,8
12 4	0	4	44	ki	98146	7,7	75 –	42	55 É	324	+1,2	–1,1
12 4	1	47	16	ki	98178	7,8	75 –	53	69 É	310	+1,5	–1,1
12 4	4	4	8	ki	1332 60 Cnc	5,4	74 –	51	8 É	11	–1,6	–7,3
12 5	23	54	31	ki	1528 RX Sex	6,7	56 –	20	57 É	325	+0,5	–0,5
12 6	0	59	20	ki	118314	7,4	56 –	30	76 D	279	+1,1	+1,0
12 6	1	13	3	ki	118319	7,8	56 –	31	28 D	230	+2,0	+4,8
12 6	3	33	11	ki	1543	6,6	55 –	45	17 D	219	+6,1	+9,4
12 10	4	16	31	ki	158321	8,8	14 –	13	65 D	262	+1,1	+1,5
12 15	15	50	40	be	162989	7,2	8 +	14	53 É	36	+0,4	+0,2
12 15	15	59	12	be	162995	7,7	8 +	13	23 D	141	+2,7	–4,7
12 17	19	12	42	be	145660	7,9	25 +	9	66 D	92	+0,6	–1,5
12 18	17	41	46	be	146179	8,4	34 +	31	73 É	50	+1,0	+0,2
12 18	20	50	41	be	3326	6,4	35 +	5	48 D	108	+0,3	–2,3
12 19	16	59	12	be	3444	6,3	44 +	42	33 D	124	+3,1	–2,8
12 19	19	38	17	be	3455 9 Psc	6,3	45 +	27	69 É	46	+0,8	+0,2
12 19	19	56	2	be	3453 κ Psc	5,0	45 +	24	21 É	357	+0,0	+4,2
12 21	19	26	14	be	109610	7,8	65 +	47	42 É	20	+1,0	+2,3
12 21	23	17	38	be	166	6,7	66 +	13	35 D	123	+0,0	–3,0
12 22	22	54	35	be	285	7,5	75 +	27	52 É	33	+0,8	+0,8
12 26	18	29	48	be	765 106 Tau	5,3	98 +	45	72 D	95	+1,2	+1,1
12 27	21	39	57	be	915 χ^2 Ori	4,6	100 +	62	84 D	66	+1,9	+1,5
12 28	2	50	0	be	940 68 Ori	5,8	100 +	31	71 D	67	+0,9	–0,8
12 29	22	58	34	ki	1176	7,6	98 –	57	42 É	344	+1,1	–3,8
12 30	22	7	10	ki	1281	6,3	94 –	43	80 D	284	+1,4	+0,6

Évforduló

350 éve született Francesco Bianchini

Francesco Bianchini (Francisco Blanchinus, 1662. december 13. – 1729. február 13.) itáliai filozófus és természettudós valószínűsíthetően Veronában született, nemesi család gyermekeként. 1684-ben Rómába kerül, ahol Ottoboni bíboros könyvtára lesz – aki 5 évvel később VIII. Sándor pápaként Bianchinit pápai kamarássá és a Santa Maria Maggiore lelkési hivatal vezetőjévé teszi meg. 1712-ben XI. Kelemen pápa Párizsba küldi keresztény antikvitásokat bemutató múzeum megalapításának feladatával.



A naptár pontosításával kapcsolatos erőfeszítések részeként XI. Kelemen pápa megbízásából készít egy meridiánvonalat a Santa Maria degli Angeli e dei Martiri bazilikában – egy olyan megfigyelőszék, amellyel a Nap és egyes csillagok égi pozíciói határozhatóak meg. Készített egy 66 mm objektívátmérőjű, 30 m fókuszsú „légtávcsövet” (azaz tubus nélküli távcsövet) is. Ezzel figyelte meg a Vénusz felszínét, és határozta meg tengelyforgási idejét – amit a jelenkor tudománytörténet-szei kétségbe vonnak, lévén soha nem látni felszíni képződményeket a Vénuszon, vastag és átlátszatlan felhőzete miatt. Élete során három üstököst is felfedezett (1684, 1702, 1723). 1685-ben a Mars oppozíciójakor meghatározta a Mars parallaxisát is, ami a valós érték körülbelül

2/3-ára jött ki neki. Meghatározta a Vénusz napi parallaxisát (1716 júliusában, a valódihoz nagyon közeli értéket kapott: 14,3”) és a Föld forgástengelyének precesszióját. Több holdfogyatkozást és egy napfogyatkozást (1724-ben) is észlelt. Tanulmányozta a Jupiter-holdak jelenségeit, és sok rajtot készített a Hold hegyeiről és krátereiről (neki tulajdonítják a híres Alpesi-völgy felfedezését. 1713-ban Sir Isaac Newton javaslatára a Királyi Tudományos Társaság (Royal Society) tagjává választják meg. Utolsó feljegyzett észlelése halála napján készült, és tárgya az aznapi holdfogyatkozás volt.

A kopernikuszi világképhez való viszonya nem egyértelmű, mindenesetre a Vénuszról írott könyvében a bolygórendszer képen nincs semmi a középpontban. Észleléseinek, elméleteinek jelentős része csak posztumusz jelentek meg 1737-ben, Eustachio Manfredi szerkesztésében.

Térképészként és az ókori Róma tárgyi emlékeit kutató és gyűjtő archeológusként is ismert.

Emlékezet: kráter a Holdon: 48,7° É, 34,3° Ny, D = 38 km, mélység: 3,1 km. Kráter a Marson (1973-ban jóváhagyva): 64,2° D, 95,4° Ny. Kisbolygó: (42775) Bianchini.

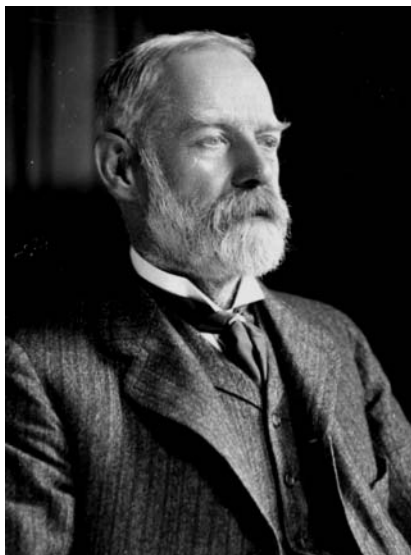
100 éve hunyt el Sir George Howard Darwin

Sir George Howard Darwin (1845. július 9. – 1912. december 7.) angol csillagász és matematikus, a Hold–Föld rendszer fejlődésméletének kutatója Charles Darwin második gyermekeként látta meg a napvilágot Dwon House-ban (Kent, Anglia). 1868-ban, az iskola második legsikeresebb diákjaként végzett a Trinity Főiskolán (Cambridge-i Egyetem). Ezután jogot hallgat és a törvényszékre jár, de végül is soha nem praktizált jogászként. 1883-ban a Cambridge-i Egyetem csillagászprofesszora lesz, és ezt a pozíciót élete végéig megtartja. Itt lesz fiatalon William Thomson (Lord Kelvin), a legbefolyásosabb angol fizikus munkatársa. Lord Kelvin az, akinek a javaslatára foglalkozni kezd az árapály elméletével.

Kimutatta, hogy az árapály-fékező hatására a Föld forgása lassul, és ezzel együtt a Hold keringése gyorsul, és így spirálisan távolodik a Földtől. Darwin azt is kimutatta, hogy hosszú idő után stabil konfiguráció alakul ki (akkor, amikor a Hold Föld körüli keringési ideje körülbelül 55 nap lesz). E rendkívül távoli jövőben érdekes módon a Föld tengelyforgási periódusa is 55 napra lassul. Időben visszafelé pedig valamikor régen a Föld tengelyforgása sokkal gyorsabb volt, és a Hold sokkal közelebb keringett hozzá. Darwin a Föld–Hold rendszer mozgásának további sajátosságait tárta fel és magyarázta meg.

A tengerjárás és rokontünemények naprendszerünkben című könyvét Kövesligethy Radó fordításában magyarul is kiadták (K. Magyar Természettud. Társulat, 1904).

Emlékezet: Mars-kráter (apjával közös elnevezés, 1973-ban jóváhagyva): 57,3° D, 19,5° Ny. Kisbolygó (1991 Darwin = 1967 JL), szintén apjával közösen állít emléket.



Jupiter-holdak

nap	UT h:m	hold	jelenség
1	3:21,6	Io	ák
	3:25,2	Io	ek
	5:33,2	Io	áv
	5:35,8	Io	ev
2	16:26,7	Europa	mv
	0:42,5	Io	fk
	2:55,4	Io	mv
	21:50,3	Io	ák
3	21:51,0	Io	ek
	0: 1,7	Io	ev
	0: 1,9	Io	áv
	19:10,5	Io	mk
4	21:22,9	Io	fv
	16:16,9	Io	ek
	16:19,0	Io	ák
	18:27,5	Io	ev
5	18:30,6	Io	áv
	3:11,2	Europa	mk
	5:41,9	Europa	fv
	15:51,6	Io	fv
6	2:23,8	Ganymedes	ek
	2:36,1	Ganymedes	ák
	4:18,8	Ganymedes	ev
	4:45,7	Ganymedes	áv
7	22:16,3	Europa	ek
	22:27,0	Europa	ák
	0:38,2	Europa	ev
	0:52,2	Europa	áv
8	5: 8,6	Io	ek
	5:16,3	Io	ák
	16:18,2	Europa	mk
	19: 0,5	Europa	fv
9	2:28,1	Io	mk
	4:48,9	Io	fv
	15:54,4	Ganymedes	mk
	18:40,9	Ganymedes	fv
10	23:34,6	Io	ek
	23:45,1	Io	ák
	1:45,3	Io	ev
	1:56,7	Io	áv
	20:54,0	Io	mk
	23:17,6	Io	fv

nap	UT h:m	hold	jelenség
11	18: 0,5	Io	ek
	18:13,8	Io	ák
	20:11,2	Io	ev
	20:25,4	Io	áv
12	5:25,1	Europa	mk
	17:46,3	Io	fv
14	0:30,2	Europa	ek
	1: 3,3	Europa	ák
	2:52,4	Europa	ev
	3:28,5	Europa	áv
15	18:32,6	Europa	mk
	21:37,6	Europa	fv
16	4:11,9	Io	mk
	19: 9,9	Ganymedes	mk
	22:42,9	Ganymedes	fv
	1:18,5	Io	ek
17	1:40,0	Io	ák
	3:29,3	Io	ev
	3:51,7	Io	áv
	15:59,9	Europa	ev
18	16:46,7	Europa	áv
	22:37,9	Io	mk
	1:12,5	Io	fv
	19:44,6	Io	ek
19	20: 8,7	Io	ák
	21:55,4	Io	ev
	22:20,4	Io	áv
	17: 3,9	Io	mk
20	19:41,2	Io	fv
	16:21,6	Io	ev
21	16:49,2	Io	áv
	2:45,0	Europa	ek
	3:39,5	Europa	ák
	20:48,0	Europa	mk
22	0:14,9	Europa	fv
	22:26,7	Ganymedes	mk
23	0:28,0	Ganymedes	mv
	0:31,1	Ganymedes	fk
	2:44,2	Ganymedes	fv
	3: 3,2	Io	ek
24	3:35,0	Io	ák
	15:53,0	Europa	ek

nap	UT h:m	hold	jelenség
24	16:57,7	Europa	ák
	18:15,7	Europa	ev
	19:22,9	Europa	áv
25	0:22,5	Io	mk
	3: 7,4	Io	fv
	21:29,5	Io	ek
	22: 3,8	Io	ák
26	23:40,3	Io	ev
	0:15,5	Io	áv
	18:48,7	Io	mk
27	21:36,1	Io	fv
	15:55,9	Io	ek
	16:32,6	Io	ák
	16:49,9	Ganymedes	áv
	18: 6,7	Io	ev
28	18:44,3	Io	áv
	16: 4,9	Io	fv
29	23: 5,1	Europa	mk
30	2:52,5	Europa	fv
31	1:46,5	Ganymedes	mk
	3:50,3	Ganymedes	mv
	18: 9,9	Europa	ek
	19:33,8	Europa	ák
	20:33,0	Europa	ev
	21:58,9	Europa	áv

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

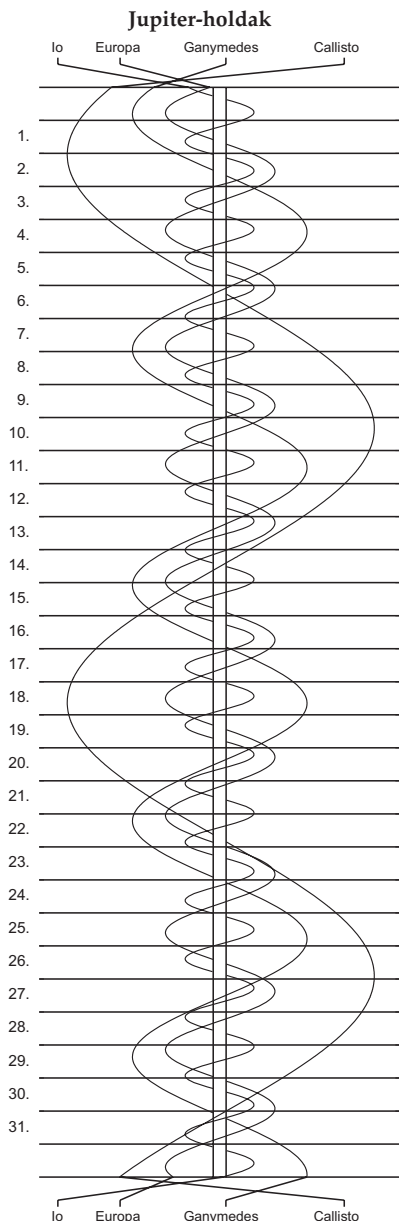
á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

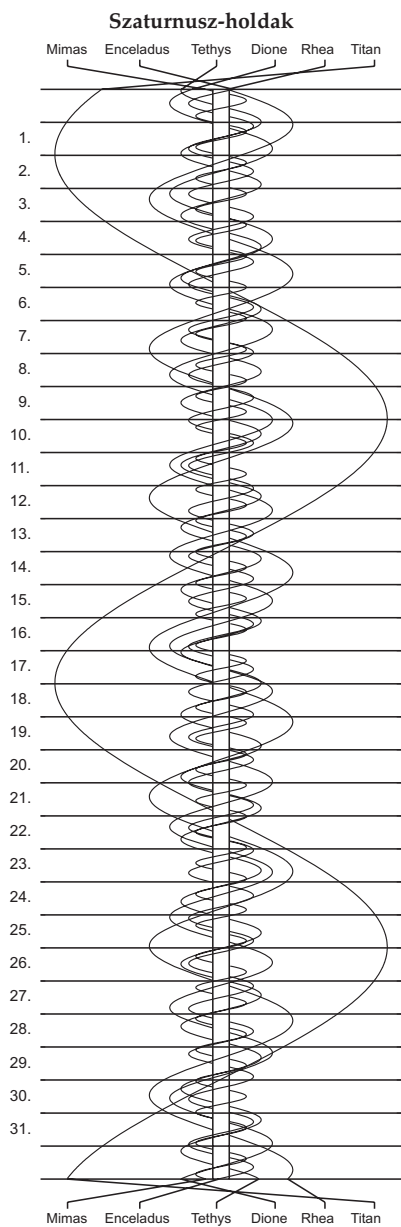
e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

m= mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége





KÉPMELLÉKLET

I-II. oldal

Az első két oldalon található a bolygók kelését és nyugvását bemutató ábrákról közelítő pontossággal leolvasható a Nap keltének és nyugtának időpontja, továbbá a belső és a külső bolygók láthatósága (kelés, nyugvás, a Naptól való kitérés mértéke).

III. oldal

Úgy tűnik, rendszeresen csapódnak be kisebb méretű égitestek a Jupiter légkörébe: 2009-ben és 2010-ben is sikerült megfigyelni ilyen eseményt. Balra lent a 2010. június 3-i becsapódás villanását láthatjuk (Anthony Wesley), középen és jobbra a 2009. július 19-i robbanás felhőjének időbeli változása (NASA, ESA, Hammel).

IV. oldal

Újdonságok a Marson: a Nili Patera vulkán és két egykori hévizes kiválás világos foltja (fent), egy 12 m-es kráterből kirobbant jéganyag 2008 novemberében és 2009 januárjában (balra és középen), valamint egy 8 m-es kráter körüli jégborítás (jobbra).

Lent: A Vénusz-felszín magassági viszonyait bemutató hamisszínes térkép a különböző szondák radarméréseiből összeállítva. Balra fent az Ishtar-föld, középen az Aphrodite-föld, tőle jobbra indul a jobb oldalon levő Beta és Atla vulkáni hegyekig futó „gyengeségi zóna”.

V. oldal

Fent: Az Ishtar-földnek és környékének topográfiáját is mutató radarképe. Középen fent a Lakshmi-fennsík (L), amely a földi kontinenseken kívül az egyetlen kontinensszerű képződmény a Naprendszerben. A körülötte levő gyúrt hegységek az Akna-, a Danu-, a Freya- és Maxwell-hegyek.

Lent: A Vénusz déli félgömbjén a 25–55° szélességek és a 200–330° hosszúságok közötti felszínének hőtérképe (lent), amelyet a Venus Express VIRTIS műszere készített az 1,02 μm -es hullámhosszon. Fent a magassági viszonyokat is mutató radartérkép (a Magellán-szonda mérései alapján). Az ezen a területen található 3 forró pont (négyzetekkel jelölve) mindegyikén nagyobb a felszín hőszugárzása, ami arra utal, hogy a Vénusz még ma is aktív lehet.

VI. oldal

Fent: A Sgr A* környezetét a röntgentartományban mutató kép 43 1999 és 2009 közötti Chandra-észlelésen alapul, amelyek teljes expozíciós ideje meghaladja a 11 órát. (NASA/CXC/MIT/F.K. Baganoff és társai).

Lent: Az M31 középpontjában helyet foglaló szupernagy tömegű fekete lyuk aktivitása még a 2006-os kitörést követően is messze elmaradt a várttól (NASA/CXC/SAO/Li és társai).

VII. oldal

Balra: A furcsa alakú zöld objektum (Hanny's Voorwerp) egy gázfelhő, amelynek fénylését a közelében lévő IC 2497 katalógusjelű galaxis centrumában található kvazár sugárzása gerjesztette (NASA, ESA, William Keel, Galaxy Zoo).

Jobbra: Az Ia típusú szupernóvák összeolvadási modelljének illusztrációja. A kettős rendszerben keringő fehér törpék egyre közelebb kerülnek egymáshoz, majd végül összeolvadnak, aminek egy gigantikus robbanás a következménye (NASA/CXC/M. Weiss).

Lent: A Fermi LAT műszere nem mutat semmit a V407 Cyg néva későbbi helyén a kitörést megelőző 19 nap alatt, az azt követő 19 nap során azonban egyértelműen látszik a néva (NASA/DOE/Fermi LAT Collaboration).

VIII. oldal

Fent: Magyarázó ábra arról, hogy a fehér törpe gravitációs tere hogyan késlelteti a neutroncsillag rádiópulzusait (Shapiro-effektus) (Bill Saxton/NRAO/AUI/NSF).

Lent: Fantáziarajz az LS IV-14 116 jelű csillagról. A csillag forró felszíne felett lebegő fehér felhők cirkóniumban rendkívül gazdagok (N. Behara/Armagh Observatory).

IX. oldal

Fent: A Merope-köd, amelynek színeképe alapján Slipher 100 éve felfedezte a reflexiós ködöket. A köd a kép alsó részén, középen látható (Franciscs László felvétele).

Lent: A ρ Ophiuchi-ról elnevezett sötét felhő és környezete. A felhő egyes részeit különféle csillagok világítják ki. Maga a ρ Oph a kép felső (északi) széléhez közeli kék reflexiós ködben látható vizuális hármas (valójában négyes) rendszer. A kép bal alsó (délkeleti) szélén látható vöröses derengés az Antares (α Sco) körüli reflexiós köd (VDB 107) része. A kép jobb (nyugati) szélén a halvány, kék reflexiós ködön kívül emissziós köd is látható a HD 147889 jelű, B2 színképtípusú fiatal csillag mellett (Éder Iván felvétele).

X. oldal

A Boszorkányfej-köd az Orionban a Rigel fényét tükrözi (Éder Iván felvétele).

XI. oldal

Fent: A Hind-féle változó reflexiós köd a T Tauri mellett.

Lent: A Lynds 1251 sötét felhő a Cepheusban, a Digitized Sky Survey vörös szűrős képén. Míg a felhő centrális magjai teljesen átlátszatlanok, a külső, ritkább rétegekről reflektálódik a környezet diffúz fénye.

XII. oldal

A Lynds 1177 jelű sötét felhőn a Cepheusban többféle megvilágító forrás fényét figyelhetjük meg. A felhő kontúrjait a környezet diffúz reflektált fénye emeli ki. A kép közepe táján a felhővel valószínűleg véletlenül találkozott vörös óriáscsillag (BD +67°1300) által megvilágított fényes köd, a VDB 141 látható, míg a felhő bal (keleti) széle felé egy születő csillag (IRAS 21169+6804) halvány, üstököscsóva-szerű reflexiós ködje (forrás: <http://www.astrophoton.com/vdb141.htm>).

XIII. oldal

Fent: A Chandra három különböző energiatartományban készített röntgenképeinek kombinálásával előtűnik az NGC 6240 jelű galaxis kettős aktív magja. A látómező 21"×18" (NASA/CXC/S. Komossa és társai).

Lent: Az X alakú rádióforrások egy szép példája, az NGC 326 jelű galaxis. A VLA rádiótávcső-hálózattal készített képen a külső (halványabb, kiterjedt nyalábpár) és belső szerkezetre jellemző irányok jelentősen eltérnek. A körben, a kis képen a galaxis (a Hubble-űrtávcső optikai felvételén) és a kétirányú, egyenes belső rádiókilövellés látható. A rádióforrás kiterjedése körülbelül 250 kpc (National Radio Astronomy Observatory/AUI/M. Murgia és társai/STScI).

XIV–XV. oldal

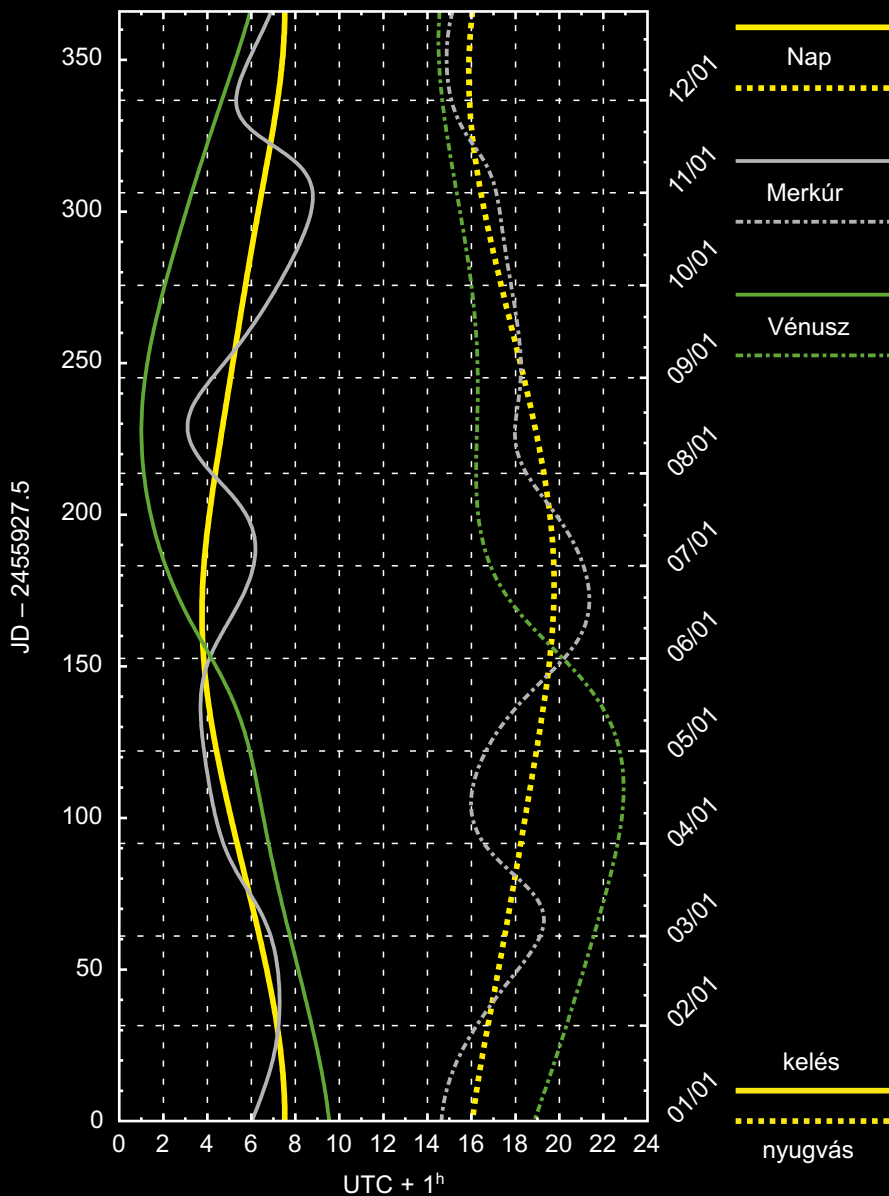
Ütköző galaxisok a Hubble-űrtávcső felvételein. A galaxis-összeolvadások százmillió évek alatt zajlanak le, így a róluk készített képek csak pillanattfelvételek. A 12 bemutatott galaxis (a bal felső sarokból indulva): Arp 148, VV 340, Arp 256, NGC 6670, NGC 6240, ESO 593-8, NGC 454, UGC 8335, NGC 6786, NGC 17, ESO 77-14 és NGC 6050 (NASA/ESA/The Hubble Heritage [STScI/AURA]-ESA/Hubble Collaboration/A. Evans [University of Virginia, Charlottesville/NRAO/Stony Brook University]).

XVI. oldal

Neutronsillag-kettős összeütközése (illusztráció Gammakitörések című cikkünkhöz).

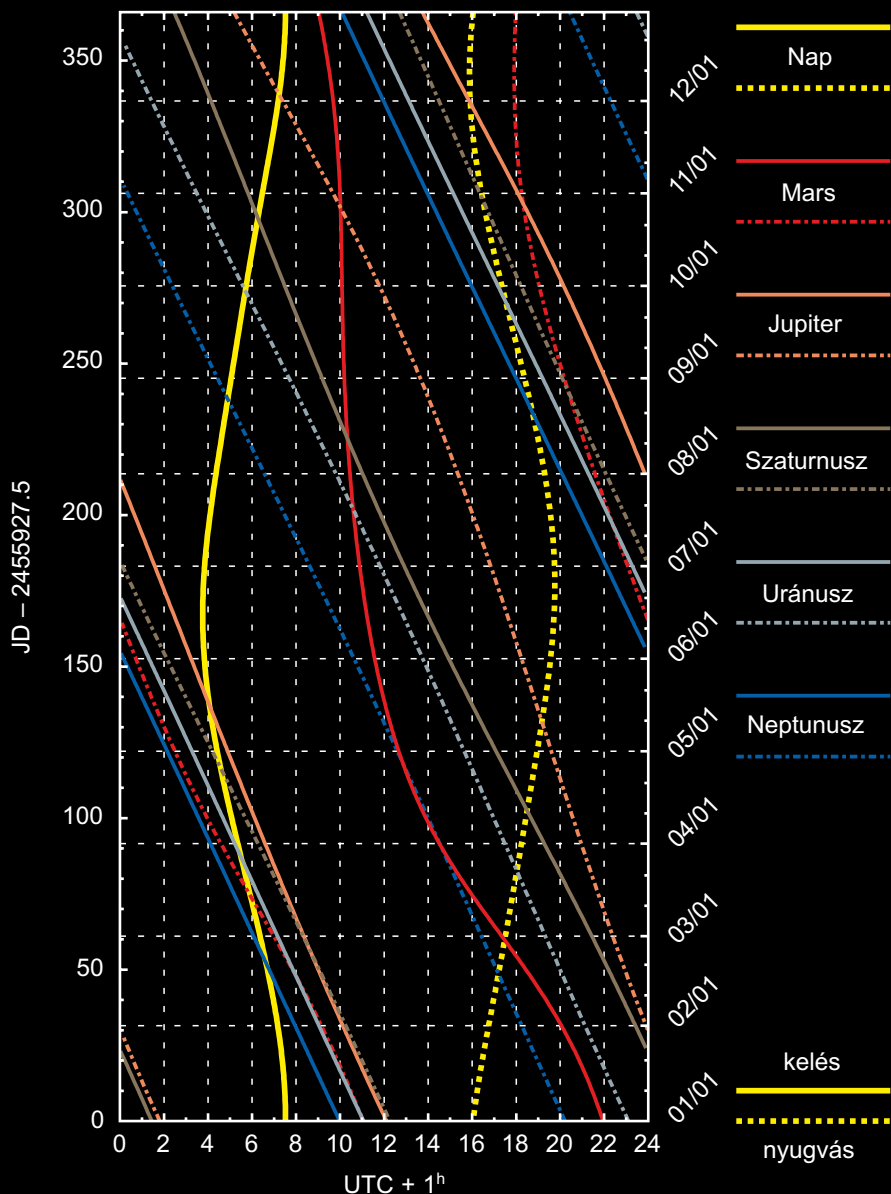
Belső bolygók kelése és nyugvása

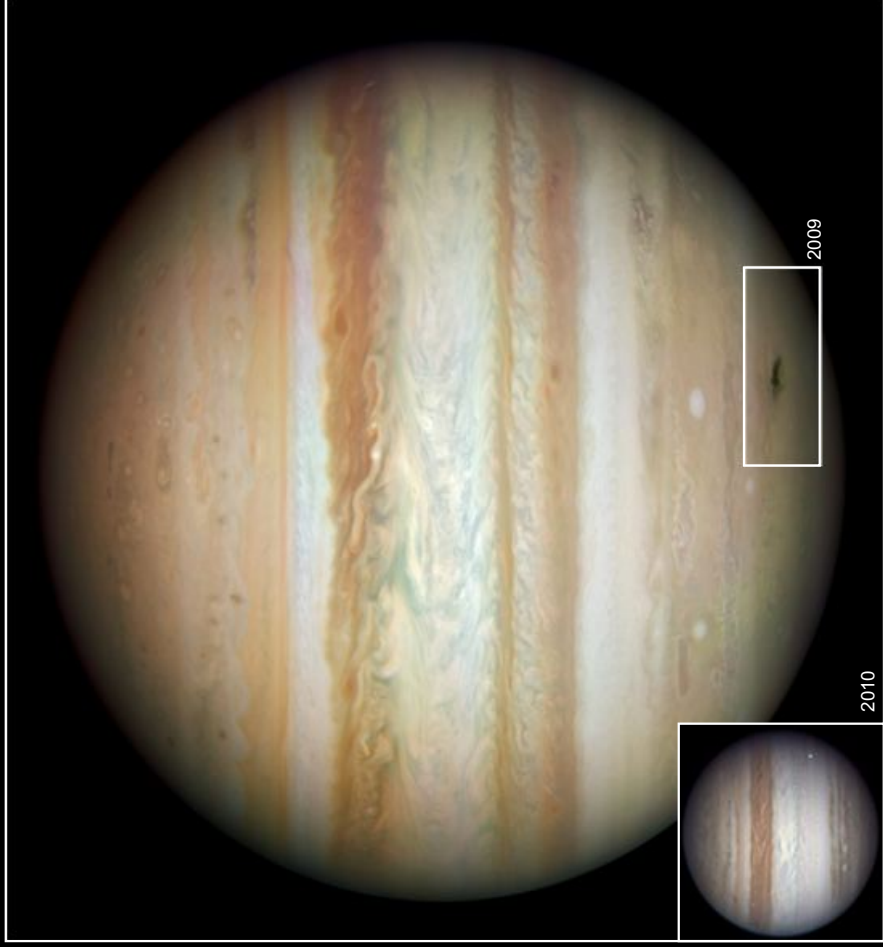
2012



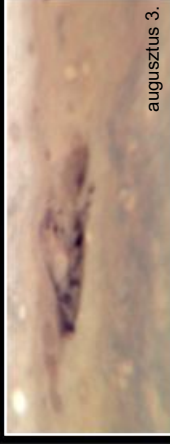
Külső bolygók kelése és nyugvása

2012





július 23.



augusztus 3.



augusztus 8.

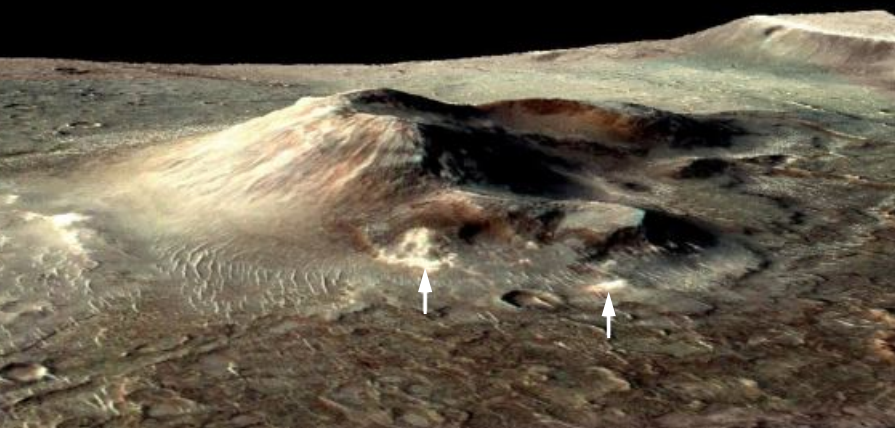


szeptember 23.

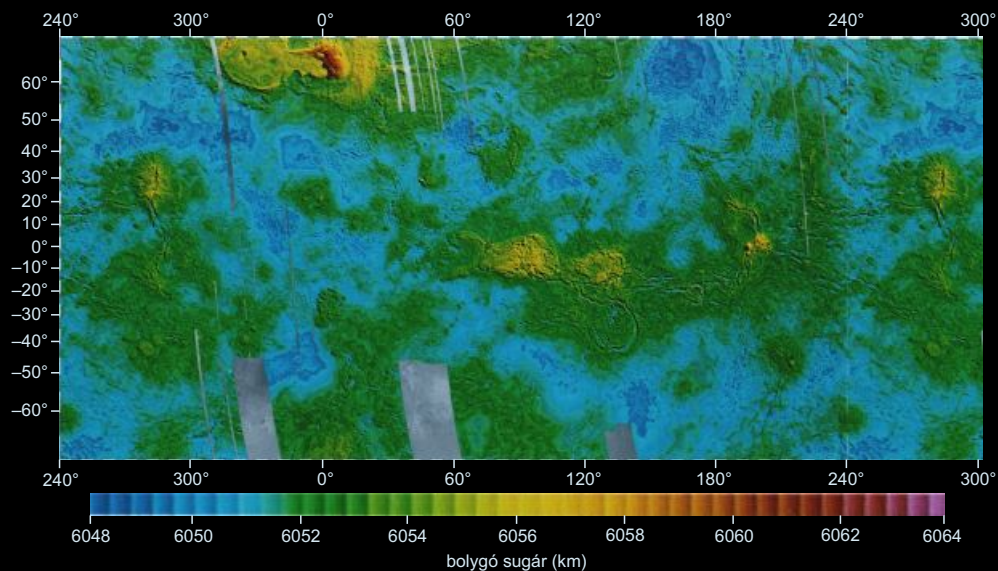
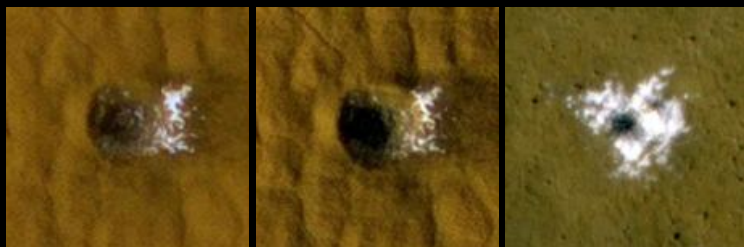


november 3.

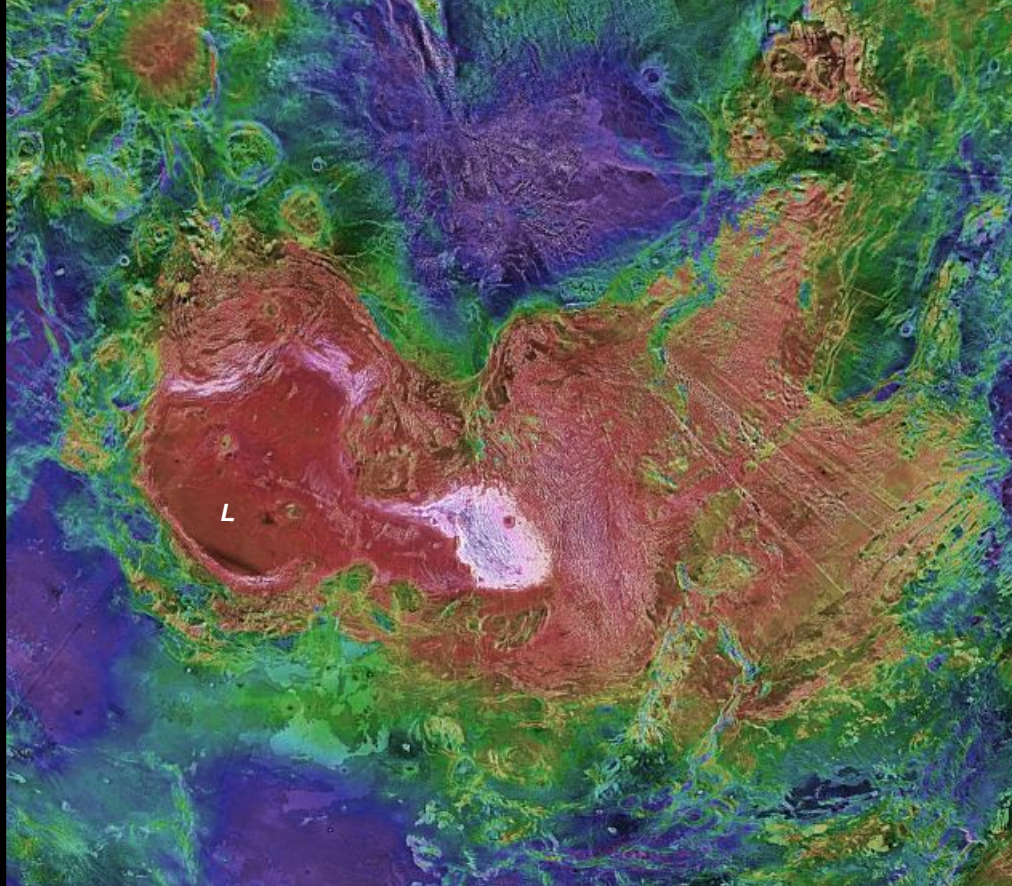
Keresztúri Ákos: Újdonságok a Naprendszerben – Robbanások a Jupiterten



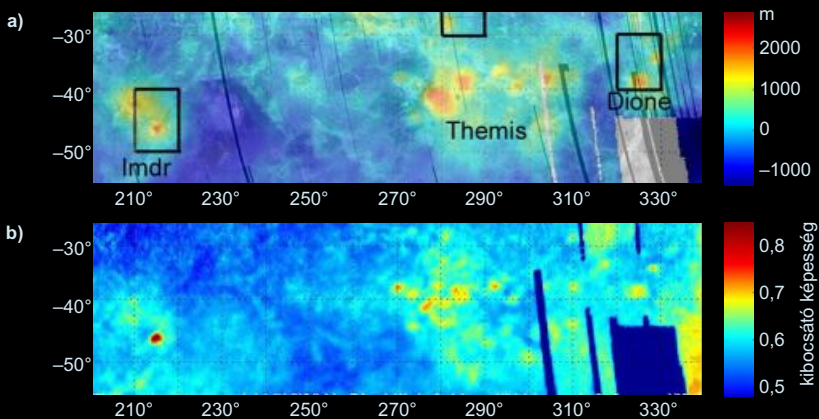
Kereszturi Ákos: Újdonságok a Naprendszerben – A Nili Patera vulkán (felül) és Mars-kráterek (középen)



Illés Erzsébet: A Vénusz, ahogy ma látjuk, 3. ábra



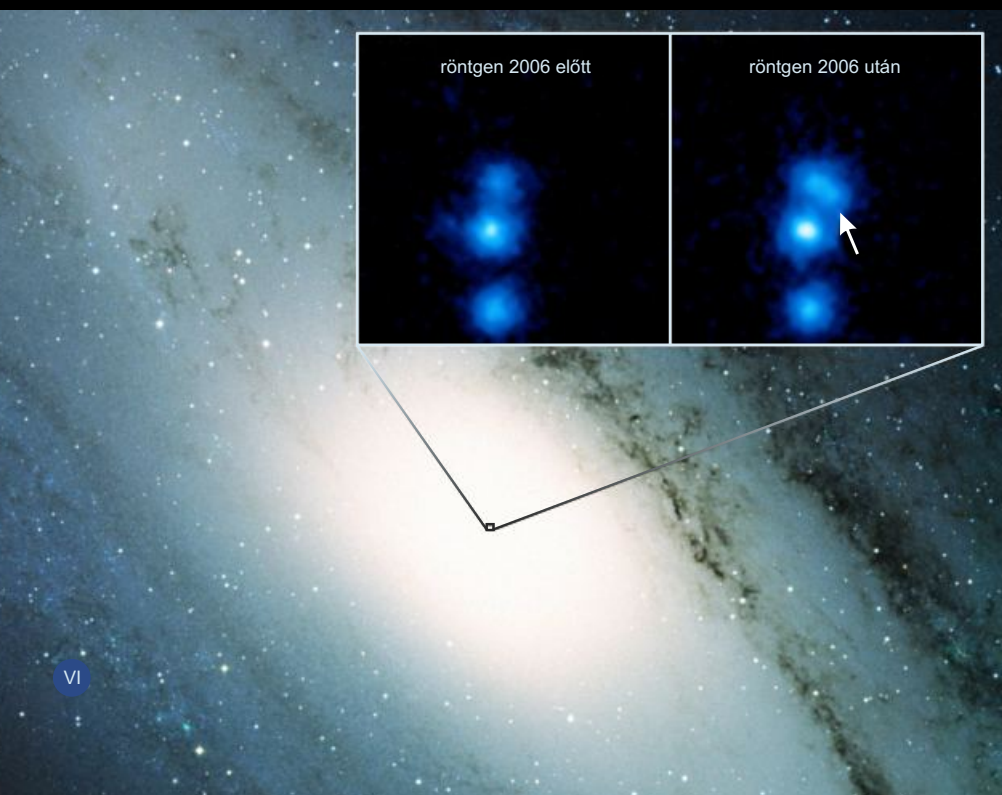
Illés Erzsébet: A Vénusz, ahogy ma látjuk, 4. ábra

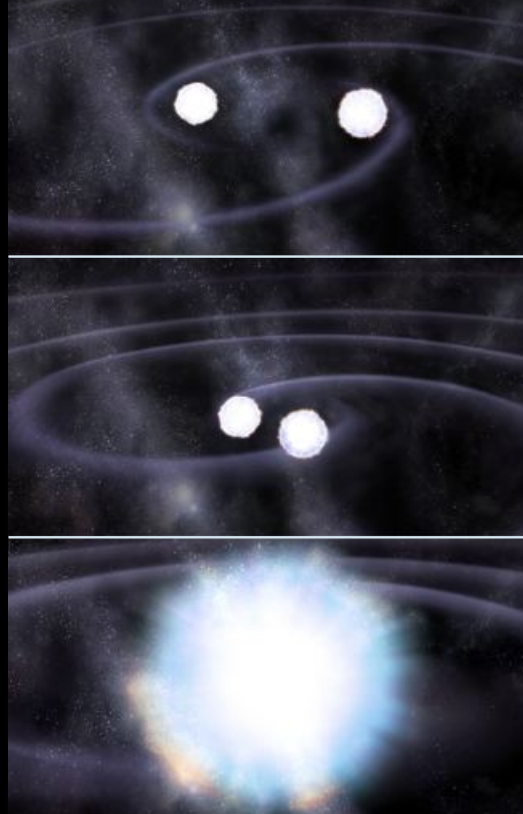


Illés Erzsébet: A Vénusz, ahogy ma látjuk, 17. ábra

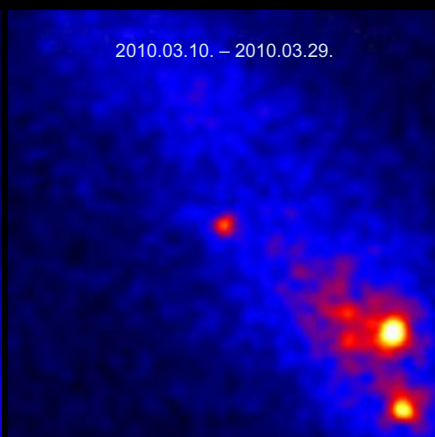
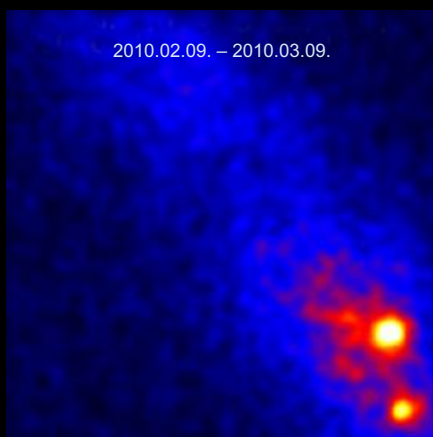


Kovács József: Válogatás az asztrofizika új eredményeiből, 1. ábra (felül), 2. ábra (alul)

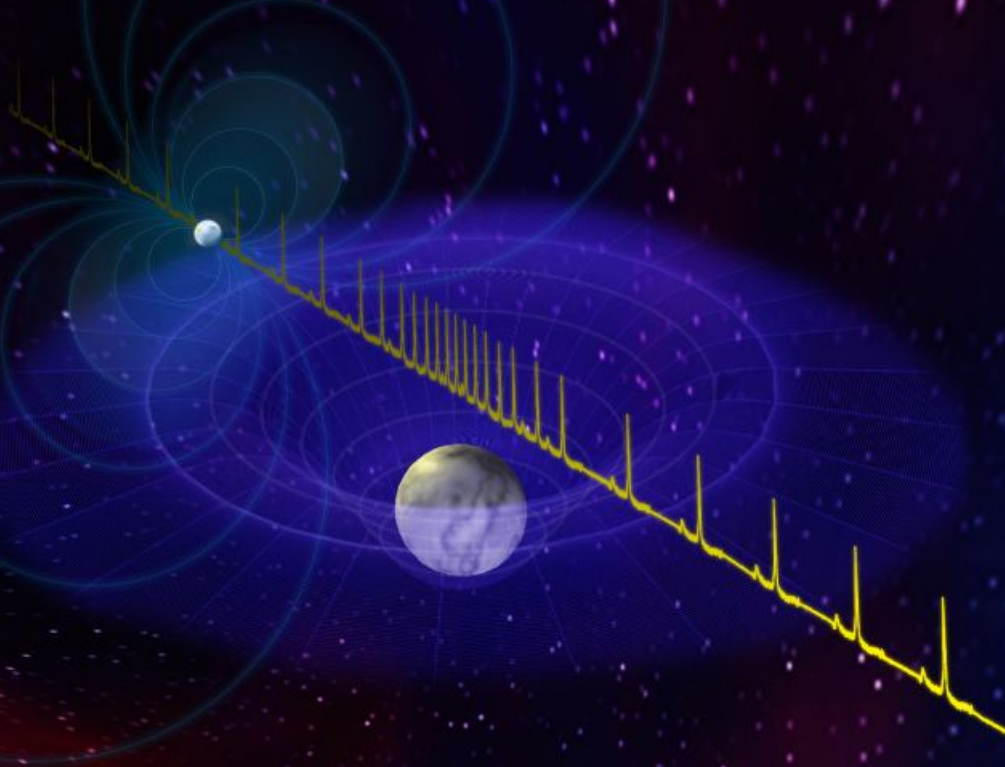




Kovács József: Válogatás az asztrofizika új eredményeiből, 3. ábra (balra), 4. ábra (jobbra)



Kovács József: Válogatás az asztrofizika új eredményeiből, 6. ábra



Kovács József: Válogatás az asztrofizika új eredményeiből, 7. ábra (felül), 8. ábra (alul)





*Kun Mária: Száz éve ismerjük a reflexiós ködök természetét, 1. ábra (felül), Francsics László felvétele
2. ábra (alul), Éder Iván felvétele*

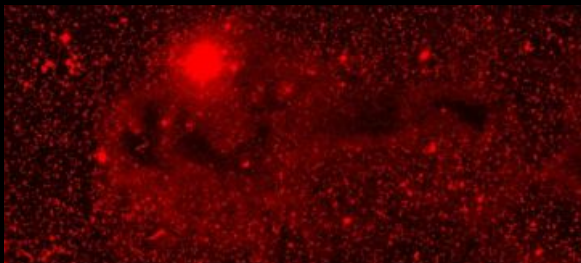




Kun Mária: Száz éve ismerjük a reflexiós ködök természetét, 3. ábra, Éder Iván felvétele

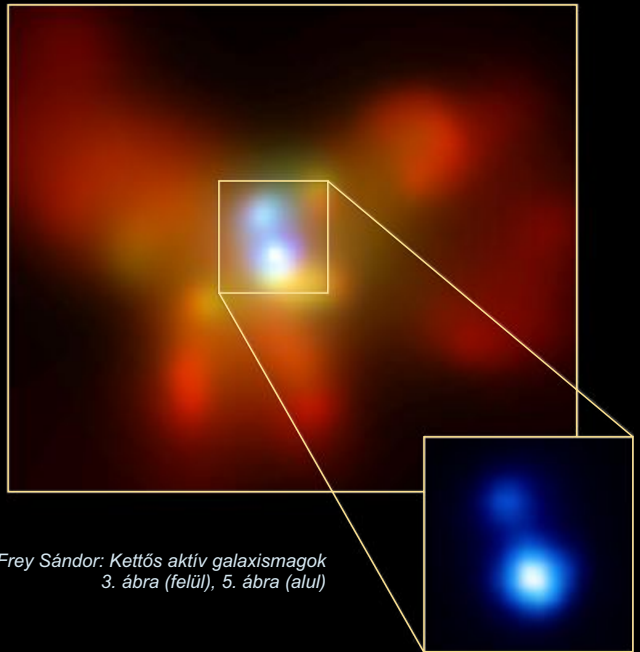


Kun Mária: Száz éve ismerjük a reflexiós ködök természetét, 4. ábra (felül), 6. ábra (alul)

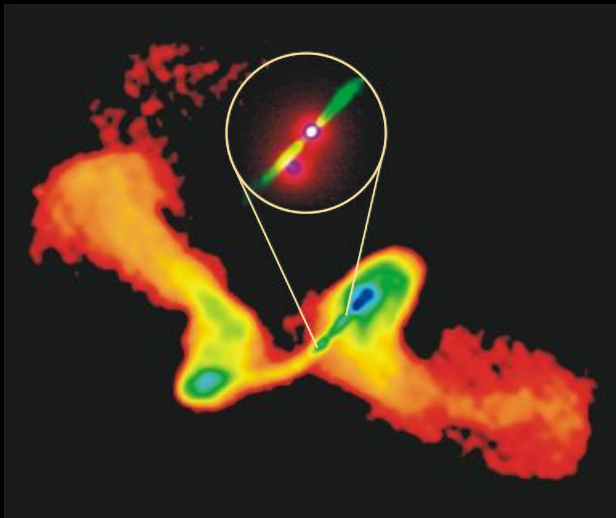


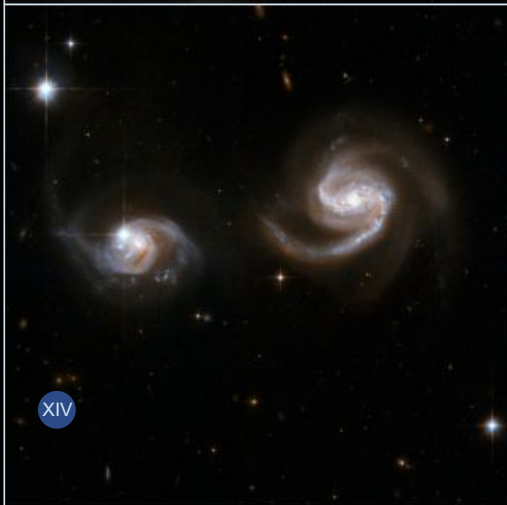


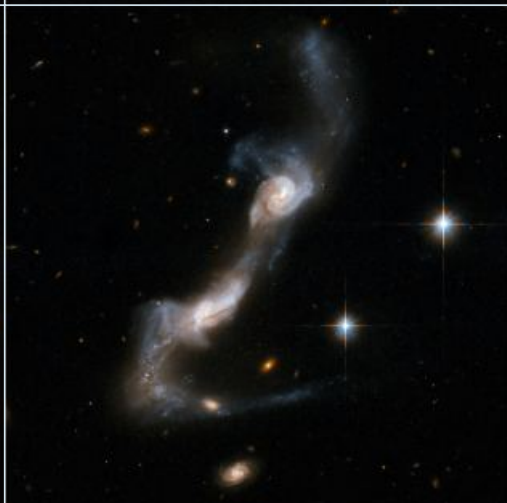
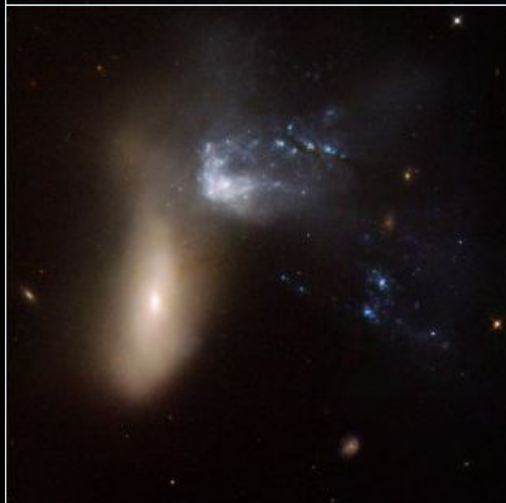
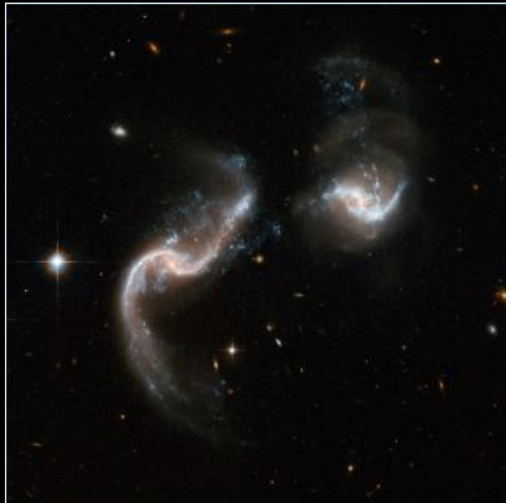
Kun Mária: Száz éve ismerjük a reflexiós ködök természetét, 7. ábra

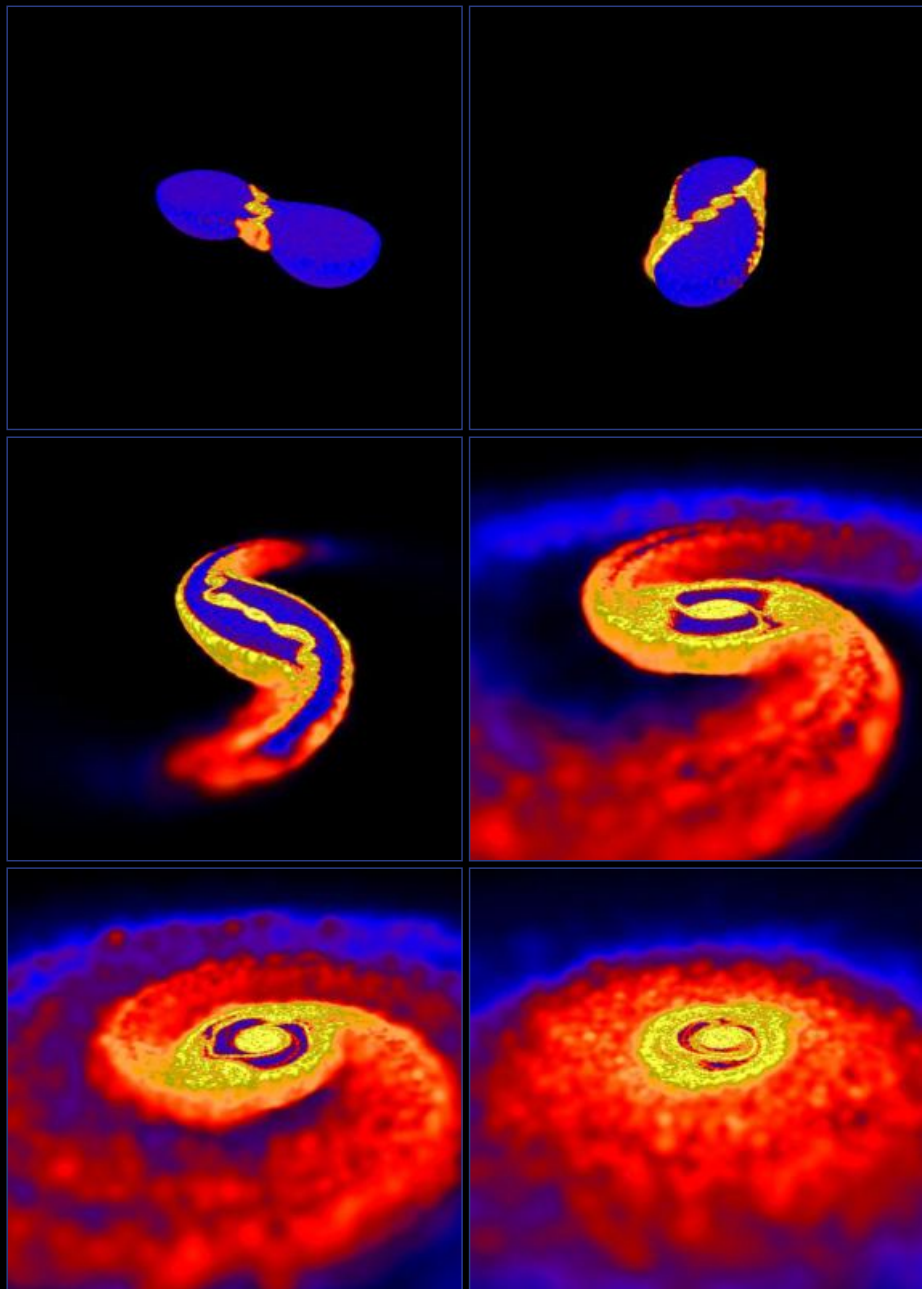


*Frey Sándor: Kettős aktív galaxismagok
3. ábra (felül), 5. ábra (alul)*









Horváth István: Gammakitörések, 10. ábra

CIKKEK

GALÁNTAI ZOLTÁN

Az emberiség és a tudomány jövőjéről a 2012-es „világvége” ürügyén

*A világ így ér véget.
Nem bum-mal, csak nyüszítéssel*
(T. S. Eliot)

Atombunkerek és a történelem szintjei

1961-ben John F. Kennedy nem csupán azt jelentette be, hogy az amerikaiak az évtized végére embert juttatnak a Holdra (és persze épségben vissza is hozzák), hanem azt is, hogy egy esetleges atomtámadás következményeit kivédendő civil védelmi program indul. Ez aztán valóságos bunker-építési lázba torkollott, és négy évvel később a Shelter Design and Analytics Office szakértői már azt állították, hogy a „lakható, zárt ökoszisztémák” problémáját is sikerült megoldani (ami persze nem volt igaz: erre még ma sem vagyunk képesek). Eközben úgy gondolták, hogy a megoldást hosszú távon az atomcsapások potenciális célpontjai, a nagyvárosok teljes felszámolása jelentené, az emberek pedig vidéken szétszórva, önfenntartó farmokon élnének. Egy Edwin L. Strauss nevű amerikai szerző pedig, aki először írt könyvet a mikronációkról (vagyis a magánszemélyek által alapított „magánországokról”), valamivel később már azt fejtegette, hogy a terrorizmus ellen az sem jelentene védelmet, ha a Marson alapítanánk kolóniát. Ha viszont a világűrben hoznánk létre nagyszámú egymástól független, önfenntartó űrvárost, akkor nem tartanánk „minden tojást egy kosárban”, és többé nem lennénk kiszolgáltatva sem egy atomtámadásnak, sem pedig egy természeti katasztrófa következményeinek. Lényegében ehhez a gondolathoz nyúlt vissza nemrégiben Stephen Hawking is, amikor arról beszélt, hogy az 1962-es kubai rakétaválsághoz hasonló krízisekre az jelentene megoldást, ha az emberiség a világűrbe települne ki, mert máskülönben kihalhat. Ezen a ponton rögtön ketté is válhat az értelmezés. Egyfelől persze az emberiséget eddig sohasem érte végzetes csapás, másfelől viszont körülbelül hetvenezer éve, amikor a Toba nevű szupervulkán kitört, akkor előbb hat évig tartó vulkáni tél következett, majd pedig egy jégkorszak, és az akkori emberiség annyira megfogyatkozott, hogy ezzel kapcsolatban egyenesen „genetikai üvegnyakat” szokás emlegetni.

Michio Kaku amerikai fizikus ugyanakkor úgy véli, hogy a cél a Kardasov II. szint elérése lenne. Nyikolaj Kardasov szovjet asztrofizikus még az 1960-as évek első felében dolgozott ki egy olyan modellt, ahol a lehetséges civilizációkat az energiafelhasználás alapján sorolta be. Ma a világűrből nézve a Föld homályos kék gömbnek látszik, és csupán néhány helyen ragyognak a metropoliszok (például Boston és Washington D.C. vagy Tokió környékén, meg Európa egyes részein); az első szint elérésekor viszont olyan lenne a bolygónk, mintha karácsonyfaágók füzéreivel aggatták volna tele. Eközben azonban továbbra is ki leszünk téve az olyan katasztrófáknak, mint amilyen egy üstökösbecsapódás (vagy egy totális atomháború).

A második szint elérésekor viszont már nem csupán az egész Föld, de az egész Naprendszer energiája a rendelkezésünkre állna. Ez azt jelentené, hogy minden idők legnagyobb lépését tesszük előre, hiszen egy ilyen civilizáció lényegében „halhatatlanná válik, és egészen az Univerzum létezésének utolsó pillanatáig fennmarad”, mondja Kaku, mert „nincs olyan ismert természeti jelenség, ami képes lenne fizikailag megsemmisíteni egy II. típusú társadalmat”. Persze pontosabb lenne úgy fogalmazni, hogy fennmaradhat, mert amennyiben ilyen szintű ellenőrzést tudunk gyakorolni a természet felett, úgy ezt – lévén a technológia önmagában mindig semleges, nem pedig jó vagy rossz – a saját elpusztításunkra is felhasználhatnánk, és amikor Kennedy meghirdette az atombunker-programot, akkor pontosan ebből indult ki. Amire meg is volt a jó oka, ugyanis a hidegháború olyan helyzetet teremtett, amelyen még sosem volt a történelem folyamán: amikor az emberiségnek esélye volt (és persze azóta is van) az egész földi életet elpusztítani. Ez azt jelenti, hogy bizonyos értelemben újabb szintre léptünk.

Fernand Braudel francia történész a történelem három rétegét különbözteti meg. Először is ott van az egyes ember élete: itt a személyes döntéseknek valóban van jelentőségük, és az élettörténetünk nem tűnik determinálnak (elvégre dönthetnék máshogyan is). Az embercsoportok (országok, kultúrák) szintjén az egyén még mindig komoly befolyást gyakorolhat (például ha Gavrilo Principnek hívják, és az általa elkövetett merénylet az I. világháború kirobbanásához vezet). Végezetül pedig ott van az ember és környezete kölcsönhatásának története: ezen a makroszinten teljesen mindegy, hogy a spanyolok, a portugálok vagy az angolok lépnek partra 1492-ben az Újvilágban. Elvégre így is, úgy is a nagy népsűrűségű és sokféle, fertőzéseket hordozó háziállattal benépesített Euráziából indultak volna el, mindenképpen behurcolták volna azokat a járványokat, amelyek aztán végigpusztították Amerikát. Ez a szint a „történelem tengere”, amin a „királyok, csaták, évszámok” típusú eseménytörténet Braudel szavaival élve „csak tajték”.

Az a gondolat viszont, hogy ezen a harmadik szinten is beavatkozhatunk, már az atombomba előtt megjelent: Jules Verne az 1889-es Világfordulásban arról írt, hogy a bostoni Ágyú Klub egy 180 ezer tonnás óriáslövedék segítségével akarja módosítani a földtengely dőlésszögét, és ez az a pillanat, amikor először felmerül, hogy az ember akár az egész Föld átalakítására is képes lehet. A következő lépésben pedig H. G. Wells (vagyis ismét csak egy sci-fi író) 1914-es, Felszabadult világ című művében már atombombát írt le (és tőle származik maga az atombomba kifejezés is, bár a működésével még nem volt tisztában). 1942-ben pedig Teller Ede – tévesen amúgy – már azt is felvetette, hogy a hidrogénbomba hője elég lenne vagy a légkör 80 százalékát kitevő nitrogén felrobbantásához, vagy pedig ahhoz, hogy belobbantsa a világoceánokban található deutériumot, és így a Föld mintegy új csillaggá alakuljon. De a teljes földi élet elpusztításával megpróbálkozhatunk szándékosan is: Val Peterson amerikai védelmi miniszter 1955-ben már egy olyan kobaltbomba ötletével játszott el, amely akár erre is képes lenne, és így – öngyilkossággal fenyegetőzve – zsarolhatnánk az ellenséges országokat. Amit egyébként Szilárd Leó – elvi lehetőségként – már öt évvel korábban felvetett.

Számunkra az a lényeg, hogy az emberiség eddigi története leírható úgy is, mint ahol az időnyíl iránya az egyre újabb és egyre nagyobb fenyegetések felé mutat, és az egyik végső kérdés az, hogy továbbra is ez marad-e a jellemző, illetve, hogy bár a fegyverrendszerek fejlődésével mindeddig képes volt lépést tartani a szabályozás, nem fog-e majd egy ponton lemaradni, elvégre azok a megoldások, amelyek beváltak a hidegháború idején, nem biztos, hogy be fognak válni a jövőben is. Különösen, ha a banditaállamok mellett egyes csoportok vagy akár egyes személyek is képesek lehetnek majd atomtámadást végrehajtani, vagy éppen bevetni egy új biológiai fegyvert.

A mély idő és az evolúciós szociálpszichológia

A végzetes csapástól való félelem persze már hosszú ideje jelen van – mint ahogy a katasztrofizmus is, amely a világ leírásakor a hirtelen és drámai változásokra helyezi a hangsúlyt. Amikor a Shoemaker-Levy-9 üstökös darabjai 1994-ben becsapódtak a Jupiterbe, akkor körülbelül 40 millió megatonna TNT energiája szabadult fel – ez körülbelül a földi nukleáris fegyverek ötszázszorosa, és egyben példát szolgáltatott arra, hogy bármennyire is szeretjük folyamatos változások egymásutánjaiként elképzelni a természet történetét, azért előfordulhatnak hirtelen és drámai hatású események is. Ezek persze korántsem kizárólag (vagy korántsem

minden szempontból) rombolóak: a katasztrofizmus történetéről könyvet író brit geográfus, Stephen Huggett megfogalmazásával élve „valószínűtlennek tűnik, hogy akár az ember, akár bármilyen élet létezhetne, ha nem került volna sor látványos kozmikus katasztrófák sorozatára”, mint amilyenek azok a szupernóva-robbanások is voltak, amelyek kitermelték a vérünkben is megtalálható vasat és kalciumot.

A katasztrofizmus egészen a 19. századig népszerű volt, aztán a Charles Lyell nevéhez fűződő geológia és az ebből levezetett folyamatos, változatlan szabályok szerint történő kumulálódó és lassú változás elve egészen a 20. század második feléig lényegében egyeduralkodóvá vált. Aminek a jelentőségét persze nem lehet túlbecsülni. Enélkül nem jelent volna meg a „mély idő” koncepciója, vagyis annak felismerése, hogy a Föld nagyon régóta létezik. Ami aztán elvezetett az evolúcióhoz is, amely szintén a folyamatos, lassú és felhalmozódó változásokon alapul. Nem véletlen, hogy Darwin – mielőtt közzétette volna A fajok eredetét – elismert geológusnak számított.

De vannak párhuzamok is a két elmélet: a lyelli geológia meg a darwini biológia között. Lyell úgy vélte, hogy a világ története lényegében két részre osztható: a bibliai értelemben vett teremtésre, amelyre még nem terjednek ki a természet törvényei, illetve az azóta eltelt időre, amikor viszont folyamatosan kifejtik a hatásukat. Darwin pedig az elméletét attól a pillanattól tekintette érvényesnek, amikor az élet – amelynek kialakulására nem tudott magyarázatot adni – megjelent, és nem igazán hagyott helyet a nagy „ugrásoknak” az evolúcióban. Az élet történetében bekövetkező hirtelen és katasztrófális változások meg a genetikai anyagban történő ugrásszerű változások (ezt szokás szaltációnak nevezni) korántsem ugyanazok, és attól, hogy az egyik helyen valóban van ilyen, nem szükségképpen következik, hogy létezik a másik területen is. Az viszont kétségtelen, hogy a különböző katasztrófák lehetőségével igenis számolni kell, bár azt is mindig pontosan meg kell mondani, hogy milyen szintről nézzük a dolgokat. A dinoszauruszok kihalásához vezető kisbolygó-becsapódás átformálta a földi élet történetét, de a „Naprendszer szintjéről” nézve említésre sem méltó, lokális esemény volt. Vagyis a megfelelő skálázás itt ugyanúgy nem kerülhető el, mint a Braudel-féle történetértelmezésnél.

Ez tehát a történet egyik fele.

Az pedig a másik, hogy talán még a katasztrofizmusnál is régebben velünk vannak az olyan világvége-elméletek (ha ugyan elméletnek lehet nevezni őket egyáltalán), mint amilyen az az első Millennium idején a keresztény területeken a világvégevárás volt (bár miként Umberto Eco megjegyzi, akkoriban a legtöbben azt sem tudták, hogy éppen az Úr há-

nyadik évét írják). Vagy mint amilyen az állítólagos, a maja kalendáriumhoz kötődő 2012-es világvége is, és amely ennek az írásnak nem is annyira az apropójául, mint inkább ürügyül szolgál. A technikai részletek talán kevésbé lényegesek (aki akar, könnyen utánaolvashat), arra viszont érdemes kitérni, hogy az efféle elképzelések feltehetően azért lehetnek népszerűek, mert miként az evolúciós szociálpszichológiával foglalkozó amerikai kutató, Helen Fiske fogalmaz: a meggyőzésnek „két útja van: az egyik gyors és felszínes, a másik lassú és inkább elemző”. Gyerekünk iskolájának kiválasztásakor például sokkal gondosabban mérlegelünk (és közben más típusú értelmezési technikákat is alkalmazunk), mintha arra keresnénk a választ, hogy valóban megcsalta-e a feleségét egy magyar közéleti szereplő. A hozzáállásunkat befolyásoló „befogadói változók” között ott található „a nem, az életkor, az önértékelés, az intelligencia, az önmonitorozás, a tudás” stb., és persze ami – miként a fentebbi példából is látható – a leglényegesebb tényező: az érintettség.

Amúgy pedig témánk szempontjából azt érdemes még kiemelni, hogy miként David Pipes amerikai történész rámutat, a különböző áltudományos elméletek rendszerint egyfajta egységcsomag részei. Timothy McVeigh, aki Oklahomában több mint százötven embert ölt meg egy bombával, nem csupán szélsőjobboldali militáns szimpatizáns volt, és nem csupán arról volt meggyőződve, hogy az amerikaiak legfőbb ellensége maga a kormány, de arról is, hogy léteznek az ufók (és könnyen lehet, hogy elhinné a 2012-es világvége-elméletet is, ha még élne).

Azaz ha valaki hisz az egyikben, akkor valószínűleg hinni fog a másikban is, mert mindkettőhöz ugyanazon a „meggyőzési úton” jut el, illetve mivel a Fiske által említett kétféle megismerési út biológiailag belénk van „huzalozva”, ezért amíg meg nem változnak az evolúció hatására kialakult mentális szerveink (melyek még mindig ugyanúgy magukon viselik a tízezer évekkkel ezelőtti vadászó-gyűjtögető életmód lenyomatát, mint a szívünk, az izmaink vagy a vesénk, melyek szintén az akkori körülményekhez alkalmazkodtak), addig a különböző áltudományos elméletek is velünk maradnak.

Miért szeressük a kis jégkorszakot?

Ha pedig valaki ennek ellenére is meglepődne azon, hogy szép számmal akadnak a 2012-es világvégét komolyan vevők, akkor gondolkozzon el azon az állításon, amely szerint „meglehet, hogy nem abszurd – tulajdonképpen még csak nem is túlzó – az az állítás, hogy térben és időben (az

ősrobbanástól eltekintve) a helyzet itt és most a legkritikusabb. Úgy vélem, annak az esélye, hogy a jelenlegi földi civilizáció túléli ezt a századot, nem több mint 50 százalék.

Ez az idézet ugyanis Martin Rees, elismert brit csillagásztól származik, aki ráadásul azzal folytatja, hogy esetleg még nem is csak az emberiség jövője a tét, hanem „választásaink és tetteink biztosíthatnák az élet örökké tartó jövőjét” – vagy pedig éppen ellenkezőleg, és az is elképzelhető, hogy ha rosszul döntünk, akkor az nem csupán az emberiség, de „az emberiség utáni lét jövőjének” végét is jelenti. „Elképzelhető, hogy az fogja a különbséget jelenteni a mind bonyolultabb és kifinomultabb élet örökkévalósága és a csupasz anyag között, ami a Földön ebben a században történik.”

Ami persze több kérdést is felvet. Vajon miért is gondolnánk például, hogy ha sikerül keresztülvergődnünk a 21. századon, akkor utána már nem lesznek újabb veszélyek? De az sem teljesen mindegy, hogy a mai értemben vett civilizáció, az emberiség, vagy pedig a földi élet teljes pusztulásáról beszélünk. Freeman Dyson amerikai fizikus szerint a jövő nem csupán egy, hanem több szinten létezik. Nagyjából tíz évet rendszerint képesek vagyunk átlátni (a gyerekeink addigra elvégzik az iskolát, vagy éppen nyugdíjba megyünk, és így tovább); ezeréves időskálán viszont már (néhány vallástól és talán egy-két államtól eltekintve) semmilyen emberi kulturális alkotás nem marad fenn: még a nyelvek is annyira átalakulnak, hogy meg sem értenénk őket. Egymillió év múlva pedig – még ha nem is kezdenék hozzá önmagunk biológiai átalakításához – ugyanúgy nem leszünk emberek, mint ahogy az egymillió évvel korábban élt emberősök sem voltak azok. Ami a mi esetünkre alkalmazva valami olyasmit jelent, hogy még ha nem következik is be valamilyen katasztrófa a következő évtizedekben, „a világ, ahogyan ismertük” és mindaz, amit ma természetesnek tekintünk a saját biológiai felépítésünkig bezárólag, mindenképpen el fog tűnni.

És ha egymillió éves időskálán még számítana is, hogy a homo sapiens megszűnik-e a közeljövőben, ugyanis ilyen, evolúciósan rövid idő alatt nem lehetünk biztosak abban, hogy egy újabb, hozzánk foghatóan értelmes faj fog megjelenni, a civilizációk esetében más a helyzet. Ha a mostani összeomlana is, egy hosszabb időskálán azért újabbak jelenhetnének meg. Igaz, ezek teljesen más helyzetből indulnának, mert az ipari forradalom óta olyan mértékben éltük fel a Föld meg nem újuló erőforrásait, hogy azok egy második ipari forradalomhoz már nem állnának a rendelkezésünkre (az emberi környezetátalakítás mértékét érzékeltetendő Paul Crutzen Nobel-díjas légkörkémikus még 2000-ben fel is vetette, hogy holocén helyett inkább antropocénről kellene beszélni).

De valójában azt sem tudjuk, hogy miként kellene értelmezni az „egész civilizáció” pusztulását. A Nyugat-római Birodalom bukása nem jelentette Bizánc bukását is, és még amikor az egész akkori ismert világon végigsöpört is az 1347-es pestis (amit az tett lehetővé, hogy a különböző eurázsiai és részben afrikai világrégiók a történelem folyamán először, ha csak lazán is, de összekapcsolódtak), akkor ez az addig vezető szerepet betöltő muszlim civilizáció hanyatlását – és ezzel párhuzamosan a nyugati felemelkedését eredményezte. Vagyis eddig nem volt példa olyan csapásra, amely az egész emberiséget érintette volna, és ezért nemcsak egy olyan forgatókönyvet képzelhetünk el (noha persze ennek a lehetőségét sem zárhatjuk ki egy mindinkább globalizálódott világban), ahol egy járvány vagy bármi más az egész Földet visszaveti egy korábbi állapotba, hanem egy olyat is, ahol a csapás egyes világrégiókat tönkretesz, másokat viszont nem. És hogy még bonyolultabb legyen a helyzet, még ebben az esetben is fennállhatna annak a lehetősége, hogy a szomszédos régiókból mintegy átpumpáljuk a technikát, a tudást és hasonlókat (még akkor is, ha jelenleg kérdéses, hogy ebben mennyire vagyunk sikeresek például az afrikai és egyes ázsiai országok esetében).

Az pedig, hogy az utánunk jövők (függetlenül attól, hogy egy katasztrófa lenullázta-e a korábbi eredményeket, vagy sem) szükségképpen egy nem megújuló erőforrásokban szegény világban fognak élni, egyáltalán nem szükségszerűen jelent hátrányt. Hans Behringer német kutató a felmelegedés kultúrtörténetéről írva arra mutatott rá, hogy az Európára zúduló legutóbbi nagy éghajlati változás, a kis jégkorszak, miközben azzal járt, hogy a bor megfagyott a pincékben, az emberek az ágyukban, és XIV. Lajos is azért ábrázolta magát „napkirályként”, mert az emberek olyan mértékben sóvárogták a meleget, aközben az európai válasz az egész modern kultúra, civilizáció és tudomány létrejöttéhez vezetett. Értsd: ugyanúgy, ahogy a technológiák sem jók vagy rosszak önmagukban, hanem attól függően azok, hogy mire használjuk fel őket, a minket érő hatásokkal is hasonló a helyzet. A szén, a kőolaj, a radioaktív hasadóanyag-források kimerülése nem feltétlenül jelenti azt, hogy az utánunk jövők rosszabb helyzetben lesznek, mint mi – azt azonban igen, hogy más helyzetben lesznek, és nem folytathatják úgy, mint ahogyan eddig mi tettük. Mint ahogyan egyébként mi sem. Egy energiaforrás-szegény környezetben is eljuthatnának az ipari forradalom előtti szintre – utána pedig elindulhatnak egy másik irányba.

Az egész emberi faj eltűnése viszont más történet lenne, mert egyáltalán nem lehetünk biztosak abban, hogy a lakható Föld hátralévő százmillió éveiben jön-e még utánunk valaki (ugyanis nem tudjuk, hogy mitől függ). Viszont az sem mindegy, hogy ez a bizonyos értelmes lény gyakor-

latilag a nulláról kezdené-e, nem csak az emberi faj, de a teljes földi élet kipusztulása után, mert Hargitai Henrik szerint egy „trilobita-szintű értelemhez” legalább egymilliárd évre lenne szükség, miközben annyi idő már nem is áll a rendelkezésünkre. Mármost ha most is ugyanazok lennének a körülmények, mint akkor, de mivel nem így van, nem tudhatjuk, hogy így esetleg gyorsabban menne-e a dolog, vagy éppen ellenkezőleg.

Vagyis: valójában nem tudjuk, mivel a válasz túlságosan sok és általunk nem ismert tényezőtől függ. Hasonló a helyzet Rees állításával is az emberiség „50 százalékos” valószínűségére vonatkozóan, hacsak ez nem azt jelenti, hogy vagy igen, vagy nem, úgy hangzatosnak éppen hangzatos, de minden bizonnyal tökéletesen megalapozatlan.

Jövő, kockázat, társadalom

Nem is lehet más, hiszen amikor a jövőről beszélünk, akkor mindig három kategóriával kell számolnunk: azzal, hogy tudjuk; azzal, hogy nem tudjuk (arra például senki sem ismeri a választ, hogy a szobahőmérsékletű, olcsó szupravezetés megvalósítható-e, noha bízvást feltételezhetjük, hogy ez az elektromosság elterjedéséhez fogható léptékben alakítaná át a társadalmat), illetve ott van az is, ami a legtöbb problémát jelenti: ha nem tudjuk, hogy nem tudjuk. Az I. világháború kitörésére senki sem volt felkészülve, mivel úgy gondolták, hogy egy ilyen léptékű összecsapás túlságosan drága lenne, és bár az európai államok gazdagok, a pénzt nem képesek eléggé gyorsan mobilizálni. Meg azt, hogy az európai uralkodóházak rokonságban állnak egymással, tehát nem fognak egymás ellen harcolni; és arról is mindenki meg volt győződve, hogy a Pax Britannicát fenntartó Anglia szükség esetén úgyis elejét venné a fegyveres konfliktusnak. Azóta a világháború mint lehetőség már szerepel a repertoárunkban, de szeptember 11-ére (és annak tovagyrúzó hatására) ismét csak senki sem volt felkészülve.

További probléma, hogy az előre nem látható kockázatokkal kapcsolatban három dolgot tehetünk. Dyson szerint az egyik lehetséges „kockázatkezelési stratégia” az, hogy ha bármilyen kicsiny esélye is van egy súlyos katasztrófának, akkor inkább legyünk „túlságosan” óvatosak, mert a lehetséges következményeket még az sem ellensúlyozhatja, ha máskülönben esetleg sokat nyernénk. Azaz: a megelőzés bármilyen árat megér az úgynevezett elővigyázatossági elvet követők szerint. Ez a megközelítés Blaise Pascaltól származik, aki azzal érvelt a hit mellett, hogy ha bármilyen elhanyagolható valószínűsége is van egy végtelenül nagy büntetésnek, úgy semmi sem éri meg, hogy kitegyük magunkat a Pokol lángjai-

nak. Ennek analógiájára: ha egy atomerőmű esetleg felrobbanhat, akkor ne építsük meg; ha a hipotetikus idegen civilizációknak küldött üzenet esetleg egy ellenséges fajt szabadíthat ránk, akkor ne tegyük stb. Amivel mindössze az a probléma, hogy ezzel az erővel akár az utcára se lépünk ki, mert nagyon kicsi valószínűséggel ugyan, de bármikor a fejünkre eshet egy virágcserep. És persze még az sem segít, ha otthon maradunk, mert a ház is ránk omolhat – vagyis ez az elv használhatatlan a gyakorlatban.

A másik, Dyson által libertáriánusnak nevezett megközelítés viszont abból indul ki, hogy kockázat mindig van, de azért mindig figyelembe kell venni, hogy a várható veszélyek arányban vannak-e a várható haszonnal. Viszont ezzel sem jutunk előbbre, ha sem azt nem tudjuk, hogy mekkora a dolog valószínűsége (és esetleg milyen káros következményei lehetnek a döntésünknek), sem pedig azt, hogy jobb esetben mit nyerhetünk.

Végül persze ott van a harmadik – és minden bizonnyal legelterjedtebb – felfogás. Az emberek többsége egyszerűen nem foglalkozik ilyen problémákkal, kissé leegyszerűsítve ugyanis „a mentális szervei” nem teszik erre alkalmassá. Michael Shermer amerikai tudománynépszerűsítő író említi, hogy evolúciós múltunk során bizonyos mérettartományok voltak csak elérhetőek a számunkra. A mikrobák vagy a galaxisok léptéke nem, tehát ezek nagyságát (kicsiségét) nem is tudjuk érzékelni – mint ahogy sem a fény érzékelhetetlenül gyors, sem a tektonikus lemezek végtelenül lassú mozgását sem (és persze az emberi élethez viszonyítva szintén érzékelhetetlenül lassú felmelegedést sem). Meg azokra a problémákra is ugyanígy vakok vagyunk, amelyek a vadászó-gyűjtögető korban még nem léteztek: ilyenek például a komplex társadalmakban tovaterjedő és számunkra érthetetlennek tűnő hatások, és nem véletlen, hogy maga a kockázat fogalma is meglehetősen új keletű.

Peter L. Bernstein amerikai gazdaságtörténész a kockázatvállalás történetéről írva azt emeli ki, hogy „a modern idők és a múlt közötti határvonalat egy forradalmi jelentőségű eszme – a kockázat feletti uralom – képezi: az a gondolat, hogy a jövőendő több az istenek szeszélyénél, s az ember már nem tehetetlen a természet erőivel szemben.”

Az ó- és középkorban ugyanis még nem működtek nagy és összetett rendszereket, és ezért rendszerint nem is kellett specializált szakember a javításukhoz; emellett pedig a hibák rendszerint nem gyűrűztek tovább, és ezért nem is kellett számolni velük. Amikor viszont a különböző (például technikai vagy pénzügyi) struktúrák bonyolultabbá kezdtek válni, akkor szükségessé vált a valószínűség-számítás és a kockázatkezelés bevezetése.

Szókratész állítólag azt mondta, hogy „a matematikus, aki a geometriában valószínűségekkel érvel, egy garast sem ér”, és az arisztotelészi fizika

még élesen szembeállította az égi világ tökéletességét és romolhatatlanságát az idelent uralkodó káosszal és zűrzavarral. Úgyhogy a tulajdonképeni történet akkor kezdődött, amikor 1654-ben a „megélhetési szerencsejátékos”, de Méré francia lovag, aki amúgy érdeklődött a matematika iránt is, azt a kérdést tette fel Pascalnak, hogy miként osszuk fel a tétet, ha az egyik játékos inkább nyeresre áll, mint a másik, de a játszma még nem fejeződött be. Pascal pedig Pierre de Fermat-tól kért segítséget, és az eredmény az lett, hogy megszületett a valószínűség-számítás. Az első korszakban leginkább a mindennapi életben – elsősorban a biztosításoknál és néhány hasonló helyen – kezdték alkalmazni: 1725 körül a demográfusok már a várható élettartamról táblázatokat szerkesztettek.

A második hullámban aztán a 20. század első felében átalakította a fizikát is: gondoljunk csak arra, hogy a korai elképzelések naprendszer-szerű atommodelljét miként váltja fel egy valószínűségen (és bizonytalanságon) alapuló modell, illetve miként jelenik meg az a kvantummechanika, amellyel kapcsolatban Albert Einstein egy alkalommal azt mondta, hogy „Isten nem játszik kockajátékot”. (Niels Bohr pedig azt válaszolta, hogy „hagyjunk fel azzal, hogy megmondjuk Istennek, mit csináljon”).

A harmadik fázist pedig Ulrich Beck német társadalomtudós 1992-es, a kockázattársadalomról szóló könyve jelentette, mely szerint első lépésben a társadalomban megjelennek a kockázatok és veszélyek: „a fejlett modernításban a gazdaság termelése módszeresen együtt jár a kockázatok társadalmi termelésével”.

A nyilvános vitától a Wikipédia-megközelítésig

Kezdetben azonban ez nem járt együtt a problémákról folytatott nyilvános vitával. Az csak a második lépés lesz. Az első atombomba felrobbantása után a Bulletin of the Atomic Scientists szerkesztői és a Chicagói Egyetem kutatói hozták létre a „világvége órát”, amely azt mutatja, hogy hány perc van még hátra az „atoméjfélig”, és a civil szervezetek csak az 1950-es évek második felétől kezdtek jelentősebb szerepet játszani. Nem mintha korábban nem lettek volna, de azért árulkodó adat, hogy az 1892-ben alapított környezetvédő Sierra Clubnak 1958-ban csupán 15 ezer, míg 1970-ben már 114 ezer tagja volt az USA-ban. Az azonban, hogy (legalábbis a demokratikus társadalmakban) gyakorlatilag mindenki véleményét nyilváníthat akár egy atomerőmű-katasztrófával, akár mondjuk az állítólagos 2012-es világvégeével kapcsolatban akár az interneten keresztül, akár máshol, korántsem jelenti, hogy minden rendben lenne.

Egyfelől ugyanis Beck hiába beszél „kockázattársadalomról”, ha nem rendelkezünk megfelelő eszközökkel nemhogy az előre nem látható kockázatot jelentő tényezők kezelésére, de még azt sem tudjuk eldönteni, hogy milyen szempontok alapján kellene választanunk a kockázatkezelési stratégiák között. Ha a kockázatkezelés Pascallal és a mind komplexebbé váló társadalmi és technikai rendszerekkel kezdődött, akkor most, a 21. század elején ideje lenne továbblépni, vagyis új megközelítési módokra lenne szükség.

Másfelől miközben a kockázattársadalomról és a társadalmi vitákról beszélünk, témánk szempontjából alapvető problémát jelent az is, hogy már a civil szervezetek megerősödésével beléptünk a társadalmi kommunikációnak a – nevezzük talán így – Wikipédia-korszakába. Ezzel nem azt akarom mondani, hogy ne lenne helye a nem állami kezdeményezéseknek; csak azt, hogy ennek is nagyon komoly korlátai vannak. A modern polgári társadalmakban az alapfokú és mindenki számára kötelező oktatásnak éppen az lenne az egyik célja (más kérdés, hogy ez mennyire valósul meg), hogy a jövőbeli választópolgárokat a döntéshez szükséges alaptudással lássák el. Az atomtudósok jól fel tudták mérni, hogy a kialakulóban lévő helyzet mekkora veszélyt jelenthet az egész emberiségre nézve, de ugyanezre (megfelelő szaktudás hiányában) sem egy civil csoport, sem egy népszerű blog szerzője nem lenne képes. Vagyis: a szólásszabadság joga nem garantálja a hozzáértést még akkor sem, ha egészen az 1950-es évekig gyakorlatilag kizárólag szakértők véleményét olvashattuk a napi sajtóban vagy hallhattuk a rádióban, és ezért általában egyenlőségjelet is tehetünk a kettő közé (megszólalás = hozzáértés). Mára azonban ez már nem feltétlenül igaz, és a Wikipédia, ahol nem szakmai kompetencia, hanem az alapján választják ki a „szerkesztőket”, hogy ki az, aki elvállalja a munkát, bizonyos értelemben nem tesz mást, mint modellezi a jelenlegi helyzetet.

Ez viszont fellazítja (vagy legalább fellazíthatja) a jelenlegi tudományos kereteit. Különböző területeken persze különböző mértékben – nem véletlen, hogy miközben senki sem épített házat valamiféle alternatív, a hagyományos mérnöki számításokat sutba dobó módszerrel, aközben az „alternatív gyógyászat” népszerűbb, mint valaha. Carlo Ginzburg olasz történész szerint ugyanis Sigmund Freudban (illetve általában véve az orvosokban) és Sherlock Holmesban közös, hogy olyan területeken dolgoznak, amelyek nem követik a modern természettudományok szigorú és kizárólagos, „ha, akkor” logikáját, és bár vannak körleírások, illetve jelek, az orvos vagy a nyomozó tudása „közvetett, feltevéseken alapul”, miközben nem ismétlődő eseményeket próbál kvantitatív megközelítésből vizsgálni. A klasszikus természettudomány nagyon hatékonynak bizonyult, ha a Nap-

rendszer bolygóinak mozgását kell megjósolni, de miután a 17. században elkezdődött a diadalmenete, olyan területekre is alkalmazni próbálták (például a társadalomtudományok vagy éppen a gyógyászat), ahol ez a megközelítés legfeljebb korlátozottan érvényes – más kérdés, hogy vajon a jövőben is így lesz-e. De ami a jelent illeti, legalábbis lehetségesnek tűnik, hogy a következő évtizedekben az amúgy is „puha tudományok” (bár a velük foglalkozó szakértők azért nem fognak teljesen eltűnni) sokkal jobban fellazulnak a „Wikipédia-hatás” következtében, mint az egzaktabbak.

Ami azonban nem jelenti azt, hogy egy, elvileg a természettudományok fennhatósága alá tartozó területen megjelenő áltudományos elmélet ne válhatna elterjedtté, sőt, akár „tudományos doktrínává”, legyen szó akár egy kozmológiai tévelygésről, akár pedig a 2012-es világvégéről. Mondjuk abban az esetben, ha egy nem demokratikus rendszerben élünk. Ami tulajdonképpen nem is meglepő, hiszen a demokrácia meg a modern tudomány együtt emelkedett fel. Timothy Ferris amerikai tudománynpszerűsítő író szerint egyenesen a tudomány szabad, önjavító, nem tekinthetetlen rendszere szolgált egy olyan korban az újfajta, demokratikus társadalmi berendezkedés modelljéül, amely különben merev és hierarchikus volt, és az összes jelentősebb 17–18. századi gondolkodó (közszerplő) egyben „természettudós” is volt George Washingtonig bezárólag, aki Thomas Paine-nel együtt a mocsárgázok kialakulását tanulmányozta a New Jersey patakon csónakázva.

Elvileg persze nem kizárólag a „demokrácia és tudomány”, vagy „nem demokrácia és nem tudomány” című forgatókönyvek képzelhetőek el, hanem számos átmenet is. Elképzelhető lenne olyan modell is, ahol a demokráciát felszámolják ugyan, de a változások nem érintik a tudományt, bár erre nem igazán találunk példát. Inkább az szokott történni, mint a náci Németországban vagy éppen a Szovjetunióban (gondoljunk csak a jégvilág-elméletre vagy éppen a liszenkóizmusra – de gondolhatunk a nem demokratikus – nem nyugati berendezkedésű, ha így jobban tetszik – államok tudományos lemaradására is). Vagyis a demokrácia elengedhetetlen, noha a tudomány mindenki számára elérhető, de – ellenében az interneten történő publikációkkal vagy a Wikipédia-szerkesztéssel – „cenzushoz” kötött. Ahhoz hogy tudományos kutatók lehessünk, megfelelő végzettséggel, publikációkkal stb. kell rendelkezünk. És ezt az árat nem mindenki tudja, vagy akarja megfizetni.

Viszont mindent egybevetve a demokrácia hiánya a tudomány meggyengüléséhez vezet, és ezért akár előre meg is lehetett volna jósolni, hogy az amerikaiak vagy a németek fogják-e megnyerni az atombombáért folytatott versenyfutást.

És ismét csak viszont: persze sosem volt egy olyan aranykor, amikor a tudomány gyakorlatilag kizárólagos lett volna. A 20. század első felében a közoktatás még nem volt elég magas színvonalú ahhoz, hogy egy alapfokú műveltséggel rendelkező ember semmiképpen se higgyen az olyan képtelenségekben, mint amilyen a 2012-es világvége, a közoktatás színvonalának növekedésével pedig mára paradox módon egyre inkább fellazultak a keretek, és egyre elfogadottabbá vált a „Wikipédia-megközelítés”.

Ha elromlik, fordulj szerelőhöz!

Ami két kérdéshez is elvezet. Az egyik, hogy vajon szükségszerűen történt-e így, és nem lett volna elképzelhető az, hogy a – nevezzük talán így – tudományos felfogás mind általánosabbá válik, de továbbra is érvényben marad az a szabály, hogy aki hangot ad a véleményének, az szakértő is (és fordítva). Ma, ezen sorok írása idején a Google-ben a 2012-es próféciákkal foglalkozó oldal megelőzi a NASA-nak az ugyanezzel a témával foglalkozó oldalát, mivel az emberek szabadon – és sokszor a minimális hozzáértés hiányában – döntenek el, hogy melyik oldalakat preferálják, és a keresési algoritmusok ezt veszik figyelembe, és ezen a ponton talán hajlamosak lennének azt gondolni, hogy a technológián múlik a dolog.

De nem ez a helyzet. Az itt is csupán lehetőséget teremt meg: esetünkben a hozzáértéssel és hozzáértés nélküli véleménynyilvánítást egyaránt megkönnyítő internetet.

Am ehhez azért kellett a politikai akarat is: a technológia mögött meghúzódó társadalmi rendszer, mert nélküle az internet sem lehetne a „szó-lásszabadság” eszköze (mint ahogy a nem demokratikus országokban nem is az). Amikor az MIT-n 1991-ben könyvet adtak ki a számítástechnika 2001-es, várható állapotáról, a világhálót még meg sem említették benne – ugyanis az amerikai kormány csak két évvel később döntött úgy, hogy támogatni fogja, mivel ez majd a demokrácia terjedését is segíti. És akkor a civil szervezetek 20. század második felében bekövetkező tényre-réséről még nem is beszéltünk, aminek nem sok köze volt a szigorú értelemben vett tudományos fejlődéshez.

A szociológus Earl Babbie szerint „a felnőtté válás minden társadalomban jórészt abból áll, hogy elsajátítjuk, és valóságosnak fogadjuk el, amit körülöttünk mindenki »tud«”. Még hozzá nemcsak tudományos, hanem minden kérdésben, és jelenleg éppen az a kérdés, hogy ki lesz az, akinek a véleményét elfogadjuk: az internetes közösség-e (amire a keresőgépek is építenek a találatok besorolásakor) vagy a szakértők. De az biztos, hogy

egy ilyen hatalmas ismeretanyagot felhalmozó és középföldei képességeink számára áttekinthetetlenül bonyolult világban szükség van valakire, aki megmondja, hogy mi a helyzet. Elvégre rendszerint sem az olyan dolgokkal kapcsolatban nincs módunk meggyőződni a valóságról, hogy miként épülnek fel az elemi részecskék, sem pedig azzal kapcsolatban, hogy valójában ki ölte meg Kennedyt. Ennek megfelelően „okosabban tesszük, ha hiszünk annak, akinek szakképzettsége, szakértelme – és erről dokumentuma – van, főként vitatott kérdésekben”, mondja Babbie – mint ahogy ha eldugul a WC, akkor is szerelőt hívunk. Elvégre azóta, hogy az 1600-as években megjelent a kockázat fogalma, olyan komplex társadalmi és technológiai rendszerek épültek ki körülöttünk, amelyek nem igazán működtethetők nélkül. Azaz: vagy megőrizzük a tudomány (és a szakértelem) „kemény jellegét”, vagy pedig előbb-utóbb a jelenlegi összetett rendszerek is működésképtelenné válnak, noha ennyi embert ilyen (a történelem korábbi korszakaihoz képest) relatíve jó körülmények között máshogy nem lehetne táplálni, lakással ellátni és így tovább.

Egy konkrét példával élve: miközben 1800 és 1900 között a Föld népessége egymilliárról 1,6 milliárdra növekedett, és ehhez nagyjából minden rendelkezésre álló területet felhasználtuk élelemtermelésre, a műtrágya nitrogénjének forrásául pedig elsősorban a guanó szolgált. Ami viszont két dolgot jelentett: azt, hogy amennyivel több műtrágyát állítunk elő, annyal kevesebb puskaort (elvége mindkettőnek ugyanaz az elsődleges alapanyaga); illetve azt, hogy a nem tengeri hatalmak, mint amilyen Németország is volt, egy háború esetén el lennének vágva a legfőbb ilyen forrástól, a Chile melletti szigetekről származó guanótól. Amikor viszont 1910-re megszületett a Haber–Bosch-szintézis, akkor innentől kezdve Vilmos császár biztos lehetett abban, hogy képesek lesznek megfelelő mennyiségű puskaort előállítani. És ami még fontosabb: a nitrogén alapú műtrágya nélkül legfeljebb 2,8 milliárd embert lenne képes a Föld eltartani – ma viszont 7 milliárdan vagyunk.

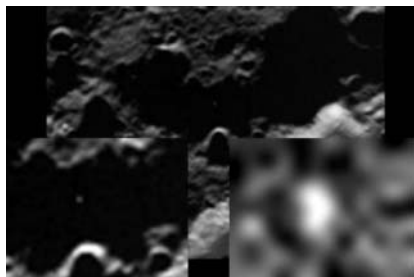
Úgyhogy tudni ugyan nem tudom, de személy szerint azt gondolom, hogy a hagyományos értelemben vett tudomány belátható időn belül nem fogja átadni a helyét valami másnak – egyszerűen túlságosan nagy árat kellene egy ilyen lépésért fizetnünk, és ez könnyen be is látható. De hogy hosszabb távon, nem pedig mindössze néhány éven, vagy legfeljebb évtizeden belül mi történhet, azzal kapcsolatban találgatásra vagyunk utalva.

Abban viszont teljesen biztosak lehetünk, hogy újabb világvége-elméletek a jövőben is lesznek. Legfeljebb más évszám fog szerepelni bennük, nem pedig 2012.

KERESZTURI ÁKOS

Újdonságok a Naprendszerben

Víz a Holdon és a Holdban



A becsapódás felhője a célpont felé haladó SSC-egység fényképén (NASA, JPL).

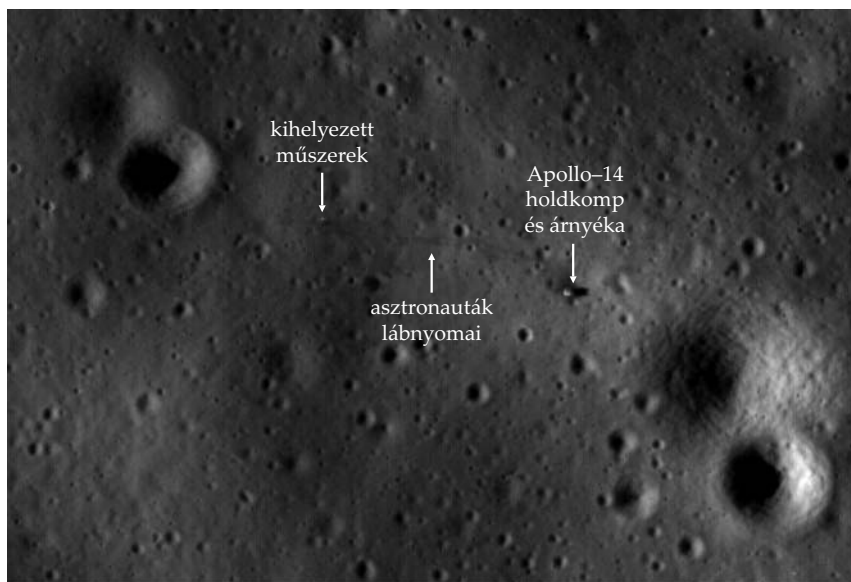
Földi és űrszondás megfigyelésekkel már több éve vizsgálták, hogy kísérőnk sarki krátereiben van-e vízjég. A mérések nem adtak egyértelmű választ a kérdésre, ezért a NASA egy mesterséges becsapódással vizsgálta meg a helyzetet. Ennek keretében az LCROSS (Lunar Crater Observation and Sensing Satellite) nevű rendszer Centaur típusú rakétafokozata, majd az utána haladó kisebb, az első robba-

nást megfigyelő űreszköze 2009. október 9-én becsapódott a Cabeus nevű, a déli pólustól 100 km-re található, 98 km átmérőjű és 4 km mély kráter aljzatába.

A robbanás felhőjének mérete elmaradt a várttól, de azért megtalálták benne a H_2O molekulák nyomát. A robbanástól 25-30 méter átmérőjű kráter keletkezett, és 4-6 ezer kg törmelék repült ki belőle. A robbanás pillanata után egy másodperccel már olyan magasságba jutott az emelkedő törmelékfelhő, ahol napfényt kapott – ami lebontotta a még molekuláris állapotban maradt komponenseit. A robbanás után 8 másodperccel 4 km, 20 másodperccel közel 8 km átmérőjű volt a kirepült törmelékfelhő. A kirobbant felhőn az esemény után közel 90 másodperccel haladt át a Centaur rakétafokozatot követő SSC-egység. Ez a LAMP (Lyman Alpha Mapping Project, azaz Lyman-alfa térképező) ultraibolya spektrográf segítségével megállapította a Hold felszínéről származó gázok összetételét. Az érzékelő látómezejébe 2-300 kg kirobbant H_2O kerülhetett. Nem bomlott

le az összes víz, kevés jég finomszemcsés szilárd törmelékként is a felhőjében volt, amely tágulása során körülbelül 20 másodpercen keresztül volt a kamera látómezejében. Ezt követően is észlelt vízmolekulákat a műszer, de azok feltehetőleg már nem a robbanás felhőjében voltak, hanem a forró kráterből szublimáltak el.

A megfigyelések alapján a Holdon a Cabeus-krátert kitöltő néhány méter vastag rétegnek átlagosan 5-6 százalékát teheti ki a vízjég. Emellett szén-monoxid, higany, kalcium és magnézium is előfordult kisebb mennyiségben, gáz formájában – emellett szénhidrogének és kéntartalmú anyagok nyoma is sejthető volt. A szakembereket leginkább a higany jelenléte lepte meg, amelynek mennyisége nem sokkal maradt el a vízjégé mögött. A megfigyelt összetevők a Hold hideg, sarki kráterében halmozódtak fel. Az ott uralkodó 35–100 K hőmérsékleten a legtöbb anyag szilárd halmazállapotú és ki tud fagyni a felszínre. A megkötődött anyagokat a Holdat állandóan érő mikrometeorikus bombázás finom portakaróval borítja be, elősegítve, hogy azok sokáig megőrződjenek. Egyelőre nehéz megbecsülni, pontosan mennyi jeget is tartalmaznak kísérőnk sarki krátere, nem tudni, hogy a cikkben említett vízjéggyakoriság milyen mélységig jellemző. Ha az



A Lunar Reconnaissance Orbiter űrszonda felvétele az Apollo-14 holdkompjáról és környezetéről (NASA).

5 tömegszázalékot általánosnak tekintjük, és a kérdéses üledék legalább 100 méter vastag, a 98 kilométeres Cabeus-kráterben több km^3 jég is lehet, ami megegyezik egy kisebb földi tó térfogatával.

Az Apollo-expedíciók által a Földre hozott, ritkaföldfémekben gazdag, úgynevezett KREEP-bazalt minták újabb vizsgálata is hozott eredményeket. Az apatit ásványokban ($\text{Ca}_5(\text{F}(\text{PO}_4)_3)$) található H_2O mennyisége alapján pontosították az égitest víztartalmát. Az anyag, amelyből a Hold születésekor összeállt, 64 és 5 ppb (milliárdod rész) közötti arányban tartalmazott vízmolekulákat. Ez két nagyságrenddel nagyobb gyakoriság, mint korábban becsülték. Ha a Hold anyagában kötött állapotban lévő vízmolekulákat összegyűjtenénk, folyékony halmazállapotban együttes térfogatuk megközelítené az észak-amerikai Nagy-tavakban lévő víz mennyiségét. Az Apollo-17 Mare Serenitatis bazaltos kőzetéből hozott mintája 3,87 milliárd éves anyagában grafit szemcséket találtak. Korábban úgy tartották, hogy a Hold felszíni kőzeteiben lévő kevés szén a napszélből került oda. Ez a szén azonban a meteoritbecsapódások idején fellépő magas hőmérsékleten alakult grafitná, és alkot néhány mikrométer átmérőjű, közel 10 mikrométer hosszú szájakat. A grafit szemcsék vagy a becsapódó meteoritokban voltak, vagy a robbanás hője által létrehozott gázfelhőből kondenzálódtak ki.

A Hold születésével kapcsolatban is új eredményeket publikáltak a Niels Bohr Intézet munkatársai. A korábbi elgondolás szerint kísérőnk a Föld és egy Mars méretű, Theiának nevezett test ütközésekor kirepült törmelékből állt össze. Az elképzelés alapján minderre közel 30 millió évvel azután került sor, hogy a Naprendszert kialakító ősi gázfelhő zsugorodni kezdett, ami körülbelül 4,527 milliárd éve történt. A kutatók a hafnium elemet és annak bomlásával keletkezett wolframizotópokat elemezve megbecsülték, mennyire volt összekeveredve az ősi Föld és a Theia szilikátos kérge és fémes magja a robbanáskor. Eszerint a Hold anyaga akkor lökődött ki az ősi Földből, miután a hafnium már teljesen wolfram-má bomlott benne, azért a korábbi 30 helyett 150 millió évvel a Naprendszer összeállása után történt az ütközés.

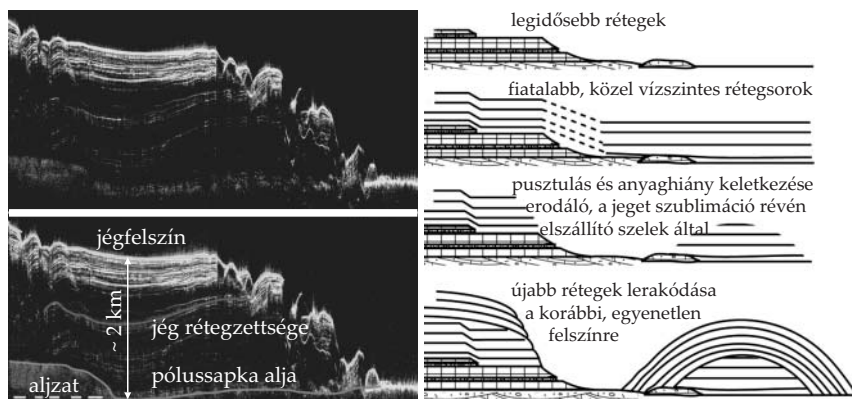
Jég a Marson és marsi kőzetek a Phoboson

A Mars Phobos és Deimos holdjainak eredete máig kérdéses. Elképzelhető, hogy a kisbolygóövből fogta be a bolygó, de az sem kizárt, hogy a Marsból szakadtak ki. Mindezek mellett elképzelhető, hogy korábban nagyobb volt a két hold, és becsapódásos töredeзésekkel csökkent a méretük. A Mars Express és a Mars Global Surveyor űrszondák infravörös

megfigyelései alapján Marco Giuranna (Istituto Nazionale di Astrofisica, Róma) és kollégái a Stickney-krátertől északkeletre filloszilikátokat, hétköznapi nyelven agyagásványokat azonosítottak a Phoboson. Utóbbiak vizes környezetben keletkeztek, és ennek megfelelően a Marson jöhettek létre. Mindennek az is lehet az oka, hogy a Phobos anyaga a Marsból szakadt ki, ugyanakkor az is elképzelhető, hogy a Marson történt becsapódások alkalmával kirepült törmelék jelentős része a Phobos felszínén landol – ekkor a hold keletkezésétől függetlenül hasonlíthat a felszíni összetétele a Marséra. A Mars Express mérései alapján a Phobos sűrűsége egyébként $1,86 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$, ami lényegesen kisebb a meteoritok alapján a tömör kisbolygókra feltételezetténél. Ha az égitest korábban széttört töredékekből állt össze újra, azaz porózus a belseje, úgynevezett kozmikus kőrákás szerkezetű lehet. Ez egybevág a töredezett belső szerkezettel, amelynek 25–45%-a üreg lehet.

A Marson a Nili Patera vulkán (lásd a színes melléklet IV. oldalán felül) oldalán vizes közegben kivált szilícium-dioxid ásványokat azonosítottak Jack Mustard (Brown University) és kollégái a Mars Reconnaissance Orbiter űrszonda felvételei alapján. A képződmény olyan víznyom, amely egykor magas hőmérséklettel (vulkáni fűtés) együtt fordult elő. Az ilyen hidrotermális képződmények kemény, tömött ásványkiválásokat alkotnak, ennek megfelelően ideálisak az esetleges ősi életnyomok konzerválásához. Ugyancsak víznyomokat talált a Spirit is, amely a Troy nevű dűnébe akadt, és valószínűleg többé már nem mozdul onnan. A dűne anyagában legfelül a légkörből lerakódott finom por alatt hematitban, gipszben és szilícium-dioxidban gazdag réteg következik, még mélyebben pedig sok vas-szulfát található. Ez a rétegzettség egykori folyékony vízzel lehet kapcsolatban. A területen talán jég rakódott korábban a felszínre, az éghajlati kilengések miatt. Ez később megolvadt, és vékony, mikroszkopikus vízréteg formájában beszivárgott a talajba. A lefelé vándorló víz a könnyebben oldható anyagot (vas-szulfátot) magával szállította, a nehezebben oldhatót pedig eredeti helyén hagyta – így alakult ki a fent említett réteges szerkezet.

A Mars felszíne alá behatoló SHARAD műszer radarhullámaival feltérképezték a pólussapkák és az alattuk lévő réteges üledékek szerkezetét. A mérések alapján úgy fest, hogy a pólussapka nem közel sík rétegek egymásra rakódása nyomán jött létre, hanem a kicsapódás, a napfény okozta szublimáció és a szelek együttesen formálták a térséget. A pólussapkába mélyedő hatalmas spirális völgyeket is elsősorban a szelek alakították ki évmilliók alatt a jég kifagyásos növekedése közben. A kérdéses szelek révén hideg levegő áramlott, avagy „folyt” le a pólussapka magasabb



Az északi pólussapká szerkezetének részlete a SHARAD műszer mérései alapján (balra) és a pólussapkákba mélyedő spirális árok keletkezésének fázisai keresztmetszeti rajzokon (jobbra).

részeiről – a Földön ezeket katabatikus szeleknek nevezik. Az áramló gáz irányát a bolygó forgásából adódó Coriolis-erő is befolyásolta, amely eltérítette őket, ívesen kanyargó útvonalat létrehozva. Ennek megfelelően jöttek létre a kanyargó völgyek, amelyek jéganyagára időnként újabb rétegek rakódtak.

A radarberendezéssel a déli féltéke után az északon is sikerült eltemetett jégtömegeket azonosítani a pólussapkáknál alacsonyabb szélességen. Ezek a délinél sokkal nagyobb területen a Deuteronilus nevű vidéken, néhány méterrel a felszín alatt találhatók, méghozzá a mélyedésekben, völgyekben, illetve a kiemelkedések körüli törmelékszoknya alakzatok belsejében. A jég a várakozásoknak megfelelően a gleccser kinézetű alakzatokban van. A vízjég a marsi éghajlat-ingadozások során 10–100 millió évvel ezelőtt kerülhetett a most megfigyelt helyére. Egykor gleccserekhez hasonlóan mozoghatott, anyaga lassan kúszott a felszínén. Később csökkent a jég mennyisége, és por valamint kőzettörmelék fedte be, a mozgás feltehetőleg megállt. Ma is ott található a jég, de jelenleg nincs nyoma, hogy áramlana. A megfigyelés tovább erősíti a korábbi feltételezést, amely szerint a Marson sok helyen kis mélységben ma is lehet jég a felszín alatt. Ezt néhol egy-egy becsapódáskor keletkezett friss kráter kihantolja, máshol viszont csak a felszín alá behatoló radarjelek tudják kimutatni.

A Mars Reconnaissance Orbiter űrszonda üzemelése alatt már több kráter is keletkezett a vörös bolygón. Az ugyanazon területekről egymás után készített felvételeken akadtak friss becsapódásnyomokra a szakem-

berek. A fiatal krátereket általában sötét törmeléktakarójuk teszi feltűnővé, mivel a becsapódás kirobbantja a felszínre folyamatosan ráakadó, világos por alatti anyagot. A 2008 és 2009 folyamán rögzített képsorozatokon több 1 és 12 méter közötti átmérőjű új becsapódásnyomot fedeztek fel (lásd a színes melléklet IV. oldalán középen). A közepes szélességeken előforduló friss kráterek aljzatán és néhol a kidobott törmeléktakaróban is szokatlan, kékesfehér anyag volt megfigyelhető. Ezek a CRISM spektrométer mérései alapján vízjégből álltak. Mivel egy ilyen kisebb kráter keletkezésekor magas hőmérséklet csak nagyon kis térfogatban és rövid ideig lép fel, a jeget a robbanás nem olvasztja meg. Később a felszínre jutott jég a száraz légkörrel érintkezve szublimálni kezd, így csökken a mennyisége, és árnyalata egyre jobban hasonlít a környezetéhez – majd a világos foltok közel 200 nap alatt teljesen eltűnnek. Modellszámítás szerint az új jégfoltok anyaga szinte teljesen tiszta. Felmerült, hogy felszín alatti folyékony víz vándorlásával jöhetett létre, de a légkörből kirakódott jég is alkothatja őket. Mindkét lehetőség a maitól eltérő éghajlatot feltételez. A jég eloszlását mutató térképek alapján, ha a Viking-2 leszállóegysége 1976-ban kicsit mélyebbre ásott volna az akkori 10-15 centiméternél, lehet hogy megtalálja a jeget.

Robbanások a Jupiteren

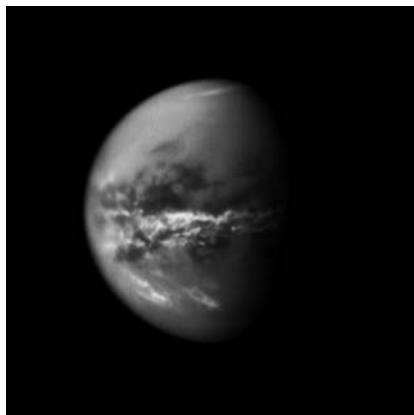
2009. július 19-én látványos robbanás történt a Jupiter légkörében, amely után egy kiterjedt sötét folt maradt vissza (lásd a színes melléklet III. oldalán). A modellszámítások szerint a jelenség nyomán maradt légköri alakzat alacsony portartalma alapján inkább egy közel 500 m-es kisbolygó semmisülhetett meg az óriásbolygó légkörében, mint egy üstökösmag – utóbbit ugyanis kiterjedt törmelékfelhő követi. A számítások arra is utaltak, hogy az objektum a Hilda kisbolygócsaládból származhatott. 2010. június 3-án ismét robbanást figyeltek meg az óriásbolygó légkörében, amelyet Anthony Wesley és Christopher Go amatőr csillagászok egymástól függetlenül fedeztek fel. A közel 2 másodpercig tartó villanás után nem maradt vissza sötét felhő. A jelenséget az előzőnél lényegesen kisebb objektum okozhatta: mintegy tizedannyi energia szabadult csak fel, mint a Tunguz-eseménykor. Eszerint egy 8-13 méter körüli test légköri robbanása okozta a jelenséget. A megfigyelt események alapján készített statisztika szerint, míg a Földünk közel tízévente találkozik ekkora objektumokkal, a Jupiter havonta többször is. Ennek oka az óriásbolygó sokkal nagyobb gravitációs tere lehet, amely több égitestet vonz magához.

Oxigén az óriásholdakon

A Jupiter Europa jégholdján a felszíni alakzatok kora körülbelül 50 millió év, a becslések alapján ennél idősebb részek nem jellemzőek az égitesten. Ezen az időskálán a jégpáncél egy része „átdolgozódik”, és részben a mélyebben lévő folyékony óceánba olvad. Mindennek eredményeként geológiai időskálán a vízbe a felszín felől erősen oxidált anyagok kerülnek, köztük tiszta oxigén is, ami a Nap UV sugárzása és a Jupiter magnetoszférájának részecskebombázása nyomán keletkezik. A jégbe emellett az Io vulkánjaitól származó kén is keveredik, amely ott kénsavat és kénsavat alkothat. Durva becslés alapján, a fenti időskálán közel annyi oxigén juthat az óceánba, hogy az elérheti a földi óceánra ma jellemző oxigénkoncentrációt. Utóbbi persze csak akkor igaz, ha nincsenek oxigént megkötő anyagok a vízben. Ilyenek az elméleti modellek alapján szintén várhatók, mivel az égitest geokémiai fejlődése alapján elméletileg redukált anyagokat bocsáthatnak a vízbe mélytengeri vulkánjai, amelyek létére az árapályfűtés és a jégpáncélon megfigyelhető olvadásnymok utalnak.

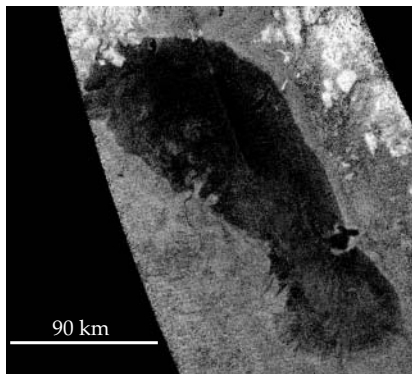
A Titan nitrogénléggörében is sikerült egy kevés oxigént azonosítani, amely az apró Enceladus holdról származhat. Az Enceladus déli sarkvidéken lévő anyagkilövellésekkel sok vízmolekula jut a világűrbe, majd ezek a sugárzások hatására disszociálnak, és az oxigén kis része (talán a Szaturnusz magnetoszférájában zajló fo-

lyamatok révén) a Titan légkörébe is eljut. Az oxigén az egyébként redukáló jellegű atmoszférában érdekes kémiai változásokat okozhat. Beépülhet a felsőlégkörben keletkező szénhidrogénekbe, akár ott kialakuló fullerénmolekulák belsejében is megkötődhet. A hosszú láncú molekulák pedig idővel a felszínig süllyedhetnek, és ott felhalmozódhatnak. Az Enceladus anyagkibocsátása tehát egy másik hold, a Titan légkörében zajló kémiai folyamatokat is befolyásolhatja, míg az Io anyagkibocsátása akár az Europa óceánjában zajló folyamatokra is hatással lehet.



Metánfelhők a Titan légkörében a Cassini-űrszonda felvételén 2010. október 18-án (NASA, JPL, SSI).

A Titanon zajló, úgynevezett metánkörforgás keretében a felszínről CH_4 molekulák párolognak a légkörbe, ott felhőket alkotnak, amiből alkalmanként esőként viszszahunak a felszínre. 2010 szeptemberében sikerült egy kiterjedt felhőzónát azonosítani a hold egyenlítői régiójában. A következő hónapokban pedig felszíni eltérések mutatkoztak a kérdéses területen, egy közel félmillió négyzetkilométeres nagyobb és néhány kisebb folt lett sötétebb itt. A jelenség arra utal, hogy eső eshetett a felhőkből, és az „nedvesítette” meg a felszínt az egyébként száraz területen. A mérések a földi trópusi esőkhöz hasonló jelenséget csíphettek el a Titan légkörében. Ugyancsak a holdon zajló aktív folyadékkörforgás és évszakos változások eredménye lehet, hogy a Titan déli sarkvidékén lévő Ontario Lacus nevű tó partvonala 10 métert zsugorodott 2005 júniusa és 2009 júliusa között. Eszerint a helyi nyár idején évente közel 1 m-rel csökkent a folyadékszint az intenzív párolgás miatt.

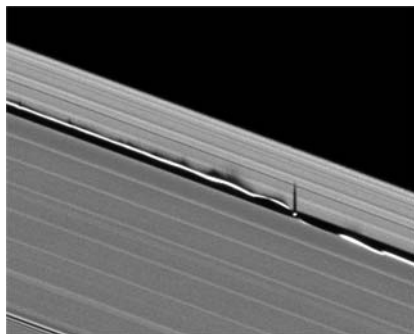


Az Ontario Lacus nevű tó 2010. január 12-én a Cassini-űrszonda radarmérései alapján. A bal oldali (nyugati) partvonal középső részén egy folyó ömlik a tóba, amelynek torkolatánál a tóba nyúló üledékes lerakódás azonosítható.

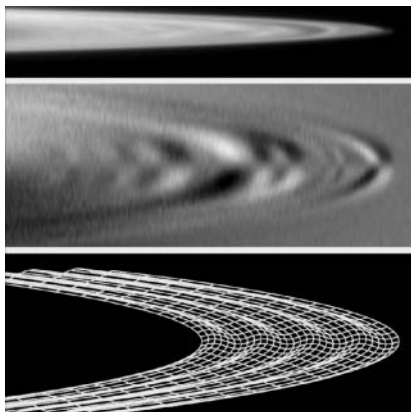
Fodrozódó és domborodó gyűrűk a Szaturnusznál

A Szaturnusz gyűrűrendszeréről a Cassini-űrszonda kimutatta az elmúlt években, hogy helyenként meredek kiemelkedések domborodnak ki a síkjából, illetve a rendszerben lévő apró testek 10–100 méteres tömbökké tapadnak össze, majd ismét szétesnek.

A gyűrű szerkezete a közelmúlt eseményeinek is őrzi a nyomát. A D gyűrűben megfigyelt egyes sűrűsödések (nem azok, amelyeket a Prometheus hold hoz létre), térközüket tekintve 2007 és 2009 között sűrűbbé váltak. A folyamatot időben visszafelé modellezve úgy fest, hogy 1983 végén becsapódások történtek a gyűrűrendszerben. Feltehetőleg apró szemcsék ütköztek ekkor a gyűrűvel, amelynek síkját az ütközés területén, egy 19 ezer km átmérőjű vidéken a becslések alapján közel 100 méternyit kibillentették. A későbbiekben a szemcsék keringésük során spirális



Az A gyűrű 41 km széles Keeler-résében keringő 8 km-es Daphnis hold árnyékot vet a gyűrű síkjára 2009. június 8-án. A hold gravitációs tere furcsa hullámokat is létrehoz, amint részecske-tömegeket mozdit ki a gyűrű síkjából. A kiemelkedések közel 1,5 km magasak a gyűrű síkjához képest, ami 150-szerese a gyűrű vastagságának (NASA, JPL, SSI).

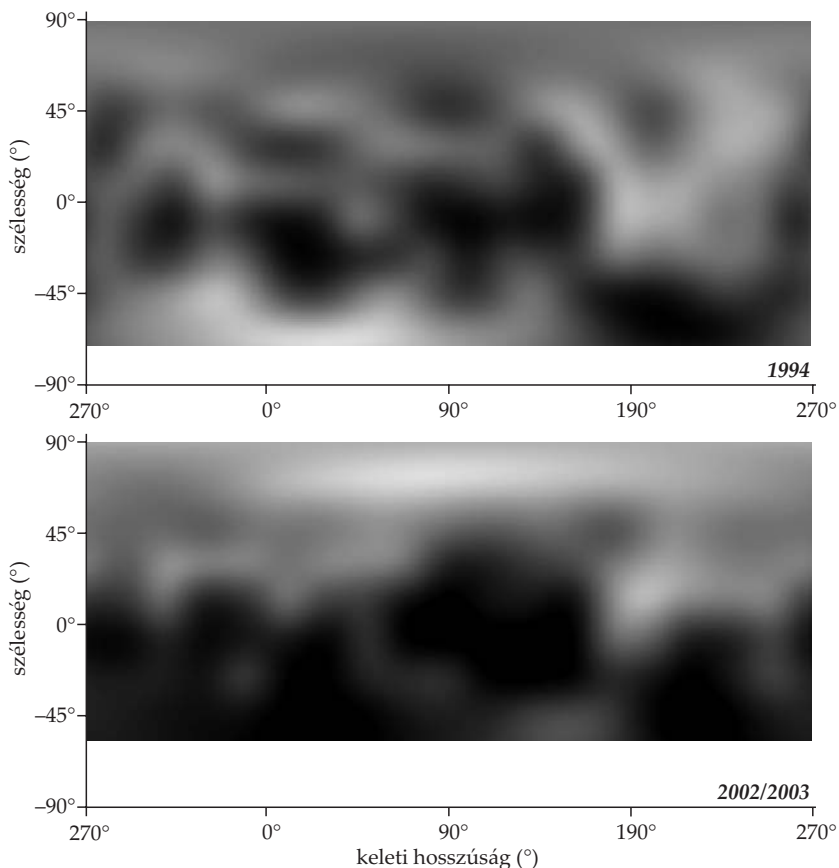


A Galileo-űrszonda 1996. november 9-i képe a Jupiter gyűrűjéről (fent), a gyűrűn mutatkozó mintázat számítógépes kiemelése (középen) és a gyűrű síkjának torzulása (lent) (NASA, JPL-Caltech, SETI).

alakzattá alakították az eredeti inhomogenitást, és annak nyoma a fenti fodrozódó és a rendszer síkjából kiemelkedő szemcsék formájában ma is megfigyelhető. Hasonló jelenség a Jupiter esetében is mutatkozott a Galileo és a New Horizons-űrszondák felvételein. Ott is változott időben a spirális mintázat térbeli jellemzője, ami egy 1994-es ütközésre utalt (ekkor történt a P/Shoemaker–Levy-9 üstökös becsapódása a Jupiterbe, amelynek apró darabjai a gyűrűvel is találkozhattak). A Jupiternél egy 1990-es ütközés létre is utaltak az elemzések.

Hírek a Plútó vidékéről

A Plútó és az Eris spektrumát földi laboratóriumi metán-, nitrogén- és argonkristályok színeképével hasonlították össze. Az elemzések alapján az Eris felszínét a Plútóhoz hasonlóan főleg nitrogénjég borítja, és emellett közel 10%-ban metánjég lehet rajta. A Plútó korábban 100 km vastagnak tekintett légkörében pedig szén-monoxidot sikerült azonosítani. Jane Greaves (University of St. Andrews) és kollégái a 15 méteres James Clerk Maxwell teleszkóppal végzett újabb mérései alapján pedig azt bizonyították be, hogy a légkör mérete a 3000 km-t is eléri – a kiterjedt atmoszféra



A Plútó felszínének albedótérképe 1994-ben (fent) és 2002/2003 fordulóján (lent) a Hubble-űrtávcső megfigyelései alapján (NASA, ESA, M. Biue).

tehát a Charon távolságának negyedéig terjed. A légkör főleg nitrogént tartalmaz, és kevés szén-monoxid és metán is van benne, gázai a felszínről szublimálhatnak el.

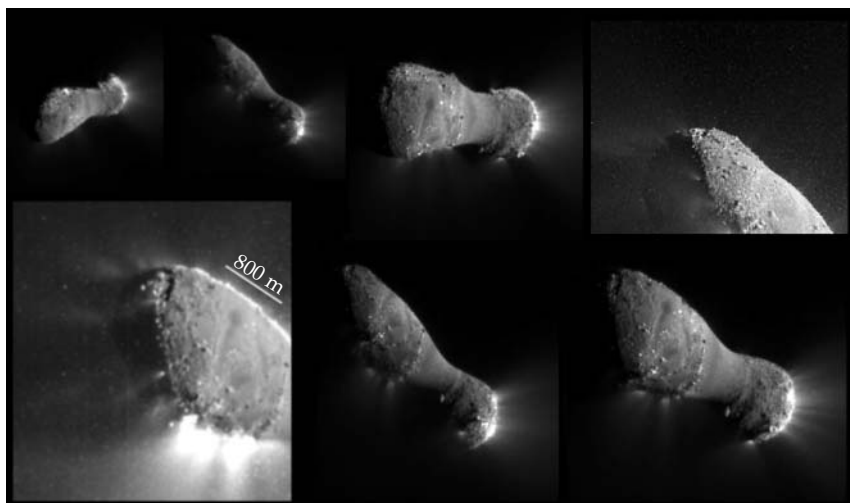
A Plútó felszínének nagyításvcsőves megfigyelése alapján úgy fest, hogy 1994 és 2003 között az északi sarkvidék világosabb, a déli pedig sötétebb árnyalatú lett. Ennek oka talán az, hogy jelenleg az északi pólus kap több napfényt, ezért ott szublimáció jellemző, míg délen inkább kiválik, kifagy a gáz a felszínre. A kérdéses időszakban a felszín színe is megváltozott és

változatosabb lett, sok fehér, narancs és fekete árnyalattal. Ezt szintén okozhatja a napfény, amelynek ultraibolya összetevői a metánt lebontva lehetőséget adnak hosszabb molekulaláncú, gyakran színes szerves anyagok kialakulására a jégben, illetve a felszínen.

A Plútóhoz hasonlóan tartott Triton déli féltékéjén jelenleg nyár van, és az onnan szublimáló nitrogén, metán és szén-monoxid táplálja az egyébként nagyon ritka légkörét. A Voyager-2 űrszonda 1989-es látogatása idején 14 mikrobar körüli légnyomás 2010-re 40–65 mikrobar körüli értékre emelkedett. Az újabb megfigyelések alapján pedig a fent említett háromféle jég mindegyikét kimutatták a légkörben.

Üstökösök és kisbolygók közelről

Az EPOXI névre keresztelt (korábban Stardust) űrszonda 2010. novemberében haladt el a Hartley-2 üstökös mellett. Kiderült, hogy az elnyúlt, 2 km-es objektum két nagy és egyenetlen felszínű tömbből áll. Ezekből anyagsugarak indulnak ki, amelyekben sok szén-dioxid gáz hagyja el a magot szilárd vízjég-szemcsékkel egyetemben. Az egyenetlen felszínen vagy sziklák mutatkoztak, vagy ezek a kiemelkedések egy ősi kéreg ma-



A Hartley-2 üstökös magja az EPOXI-űrszonda képein. A jobb felső és a bal alsó kinagyított részlet mutatja, hogy egyes anyagsugarak az éjszakai oldalról indulnak ki (NASA, JPL).



A Lutetia kisbolygó kráterezett felszíne (balra) és annak kinagyított részlete, rajta sok sziklatömbbel és barázdával (jobbra).

radványai lehetnek. Első alkalommal sikerült azonosítani a kilövellések forrását is, amelyek a felszínről indulnak ki, sőt néhol az árnyékos oldalon, a megvilágított peremhez közel is mutatkoztak. A két nagy testet egy sima felszínű, valamivel keskenyebb rész köti össze, ahonnan vízmolekulák „szivárogtak” az űrbe konkrét forrás, tehát jól körvonalazható anyag-sugarak nélkül. A sima felszín anyaga valamilyen ülepedési folyamattal juthatott oda (például elektrosztatikus porvándorlással) és halmozódott fel a kisbolygó „legmélyebb” pontján lévő gravitációs potenciálgödrében. Mindezek mellett a kómában sikerült szerves molekulák nyomára akadni, de utóbbiak jellemzőiről egyelőre nem sok információt közöltek. A szonda környezetében sok centiméteres, deciméteres szén-dioxid-jégtömb „repkedett”, amelyek mozgását is sikerült azonosítani. A kómában a kilövellésekhez kapcsolódó szén-dioxid koncentrációja erősen változott, de a H_2O molekulák gyakorisága alig ingadozott a mag forgása során.

A korábban a Hayabusa-űrszonda által meglátogatott Itokawa kisbolygóról is friss hírek láttak napvilágot. A szonda kapszulája ugyanis 2010. június 13-án landolt Ausztráliában. Bár maga az űreszköz kétszer le is szállt a kisbolygóra, a mintavételhez szükséges golyót a jelek alapján nem lőtte ki, ezért kérdéses volt, hogy sikerült-e a mintavétel. Nagy tömegű

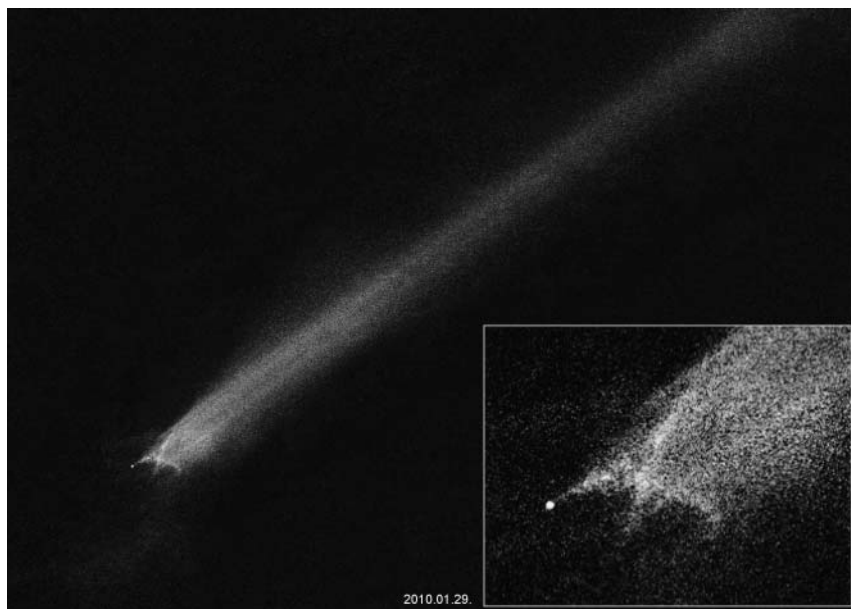
anyag nem volt a kapszulában, de a japánok bejelentése alapján több mint ezer darab, század és ezred milliméter közötti méretű szemcse mutatkozott benne, amelyekben az elektronmikroszkópos vizsgálatok segítségével olivin és piroxén ásványokat találtak. Az apró testek a jelek alapján az Itokawa kisbolygóról származnak.

A 67P/Churyumov–Gerasimenko-üstökös felé tartó Rosetta-űrszonda 2010. július 10-én 3162 km-re haladt el a Lutetia kisbolygó mellett. Miközben 15 km/s sebességgel mozgott az égitesthez képest, maximálisan 60 méteres felbontással megörökítette annak felszínét. A közel 130×80 km-es Lutetia az űrszondákkal eddig meglátogatott legnagyobb kisbolygó. Ősi eredetű, feltehetőleg C típusú, szénben és szerves anyagban gazdag aszteroida – ugyanakkor egyes megfigyelések alapján fémekben gazdag területek is vannak rajta, egyes részei eszerint inkább M típusúnak mutatkoznak. Alakja enyhén elnyúlt, tengelyforgási ideje pedig 8,2 óra körüli. Felszíne viszonylag idős, erősen kráterezett, anyagának átlagos sűrűsége $3,4 \text{ g/cm}^3$. A kráterek mellett csuszamlások nyomai, összesen 240 legalább 100 m-es szikla, valamint néhány hosszanti, vonalas alakzat is mutatkozott az égitesten. Becslések szerint akár fél km vastag törmelék-takaró is boríthatja.

A Hubble-űrtávcsővel becsapódás nyomára akadtak a 2010 A2 jelű kisbolygónál. Az égitestből több diffúz anyagsáv indult ki, amelyek a felfedezés utáni hónapokban tágultak és halványodtak. Keletkezésük legvalószínűbb magyarázata, hogy egy 3-5 m-es égitest ütközött a közel 120 m-es objektumnak 2009 februárjában vagy márciusában. A csóva jellegű képződmények furcsa X alakot formáztak, és nagyjából cm-es testek alkotották őket, amelyek együttesen közel 20 m átmérőjű testet adnának ki, ha összegyűrnánk őket.

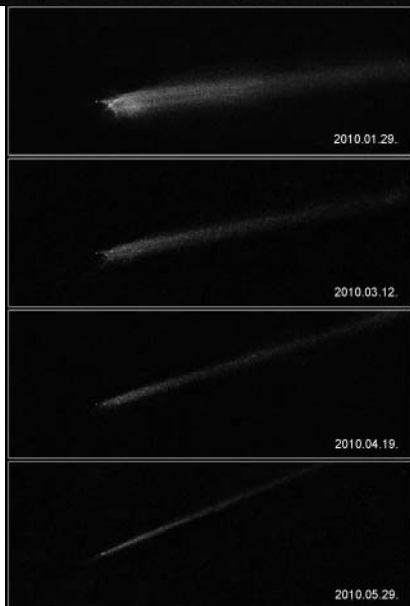
2010-ben a kisbolygók között a 200 km-es Themis-en azonosítottak elsőként vízjeget és szerves anyagot. A megfigyelés érdekessége, hogy a Themis átlagos naptávolságában (3,2 CSE) a felszíni vízjég hosszú időskálán nem stabil, ezért elképzelhető, hogy azt nemrég lezajlott becsapódások juttatták a felszínére. Ugyancsak 2010-ben a 290 km-es 65 Cybele kisbolygón szintén vízjégre és szerves anyagra akadtak a University of Central Florida szakemberei. Mindezek alapján a kisbolygóövben több vízjég lehet, mint azt korábban becsülték, és a rég keresett szerves anyag felszíni előfordulása is egybevág a meteoritokban és a Földön talált mintákkal.

A felfedezése után közel fél nappal a Földdel összeütközött és Szudán felett felrobbant, 2008 TC3 jelű kisbolygó több lehullott darabját is megtalálták. Ezek vizsgálatakor aminosavakat is sikerült kimutatni. Ez azért meglepő, mert a meteoritban lévő különféle ásványi nyomok alapján még



A 2010 A2 kisbolygó és pornyúlványai 2010. január 29-én a Hubble-űrtávcső felvételén (in-zert) és azok időbeli változása (jobbra).

jóval a földi légkörbe történő belépés előtt anyagának nagyobb része 1000 °C-ra hevült. Feltehetőleg egy heves ütközést élt át a közelmúltban, és akkor a benne lévő szerves molekulák lebomlottak. Ennek ellenére 19-féle aminosavat azonosítottak a belsejében. Bár az ütközés nyomán feltehetőleg lebomlottak a szerves molekulák, de gyorsan újabbak is kialakultak ki az aktív töredékekből. Elképzelhető, hogy még gáz fázisban újraformálódnak egyes anyagok. Mindez bonyolultabbá és gazdagabbá teszi a kémiai reakciók lehetőségét, amelyek pél-



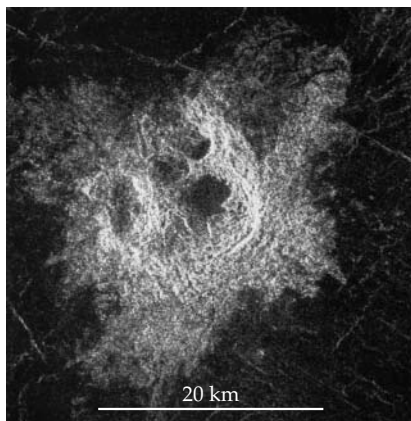
dául az ősi földre hullott meteoritokban lévő szerves molekulák segítségével játszódhattak le az élet keletkezését megelőző, úgynevezett prebiotikus folyamatokban. Egyes laboratóriumi kísérletek alapján hasonló jelenség a becsapódás pillanatában is történhet – azaz bár lebomlik a molekulák jelentős része, sok új is keletkezik helyettük. Sőt, egyes laboratóriumi vizsgálatok során a légkörben felvillanó szemcsék elpárolgó anyagában sok cianidot találtak, amint a szénatomok légköri nitrogénhez kapcsolódtak. A reakcióképes cianidok a földi légkörben egyéb komponensekkel érintkezve bonyolult molekulákat, aminosavakat is létrehozhatnak.

ILLÉS ERZSÉBET

A Vénusz, ahogy ma látjuk

Bevezetés

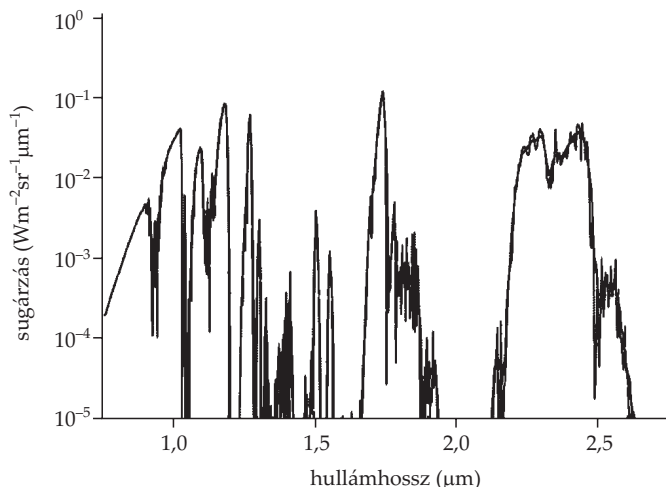
A Vénusz mint a Föld testvérbolygója, mindig is foglalkoztatta az emberek fantáziáját. Az űrszondás vizsgálata is nagyon korán, már 1961-ben megindult, és eddig több mint 30 űreszköz vizsgálta. Nem volt könnyű közelférkőzni hozzá! Eleinte az űrtechnika gyermekbetegségei hátráltatták a kutatást: sokadjára sikerült csak űrszondát indítani felé, aztán pedig a megérkezéskor fogadta a leszálló egységeket hihetetlenül kellemetlen környezet. A Vénuszt ugyanis kezdetben nem távérzékeléssel, hanem sűrű, átlátszatlan légköre miatt inkább a felszínre való leszállásokkal akarták megismerni. A sikertelen űrkísérletek okainak vizsgálata önmagában is sok új információt adott a Vénusz légköréről, míg végül a sikeres leszállások a légkörről és felszíni viszonyokról is informáltak. Az első sikeresen leszálló szonda a Venyera-7 volt, amely 1970. augusztus 10-én ereszkedett le, és 23 percen keresztül közvetített a felszínről. Ekkor derült ki, hogy a várakozásokkal ellentétben a Vénusz felszíne nem teljesen sötét, hanem a nap-



1. ábra. A Vénusz nagyon sűrű légkörébe behatoló testek az erős légköri súrlódás következtében a talajt érés előtt általában szétrobbannak, darabjaik egyszerre és egymáshoz közel csapódnak be a felszínbe (ezek a szinkron becsapódások). Törmelékterítőik ezért nem tudnak körszimmetrikusan, zavartalanul szétterülni, hanem még a légkörben, egymással ütközve a kis kráterek közötti egyenesek mentén hullanak vissza furcsa formákat alakítva ki.

fény 2%-a nagyon diffúzan ugyan, de eléri a talajt, ezért a következő szondákat (Venyera-9, -10, 1975. június 8. és 14.) már tv-vel is felszerelték. A 80-as évektől aztán radarképek készítésével próbálkoztak (Pioneer Venus, 1978. május 20., Venyera-15, -16, 1983. június 3. és 7., Magellan, 1989. május 4.). Ezek olyan nagyon érdekes, a Naprendszer más bolygóin nem található felszíni formákat mutattak, mint amilyenek az akkor parkettáknak (ma tesszeráknak), koronáknak, palacsinta-vulkánoknak nevezett alakzatok, vagy a szinkron becsapódási nyomok (1. ábra).

1984-ben Allen és Crawford felfedezték, hogy a Vénuszról a közeli-infravörös 0,8 és 2,5 μm -es hullámhosszú fénysugarak kijutnak egy légköri ablakon keresztül (termális ablak). Ez megnyitotta az utat ahhoz, hogy a felszín és a 35 km alatti légköri rétegek távérzékeléssel is tanulmányozhatók legyenek. Azóta földi távcsöves megfigyelésekkel és elméleti modellezéssel a 0,8 és az 1,35 μm közötti ablakot is megtalálták. A legfényesebb ablak 1,74 és 2,3 μm -nél van, de több ilyen is létezik 0,85, 0,9, 1,01, 1,10, 1,18, 1,27 és 1,31 μm körül. Az ablakok a CO_2 és a víz mély abszorpciós sávjai között helyezkednek el (2. ábra). A 0,85–1,01 μm közötti sugárzás főleg a felszínről származik, tehát a felszín hőmérsékleti eloszlását, illetve fényvisszaverő képességét lehet feltérképezni ebben a hullámhossztartományban. A hosszabb hullámhosszak (1,31, 1,51, 1,55, 1,74, 2,3 μm) a légkörről hoznak információt. A 2,25–2,50 μm a CO , OCS , H_2O és



2. ábra. A Vénusz éjszakai oldalának hősugárzása. Szintetikus spektrum 0,8–2,7 μm között. Az 1,31, 1,74 és 2,3 μm -es sugárzás a légkörből származik.

SO₂ vizsgálatát teszi lehetővé. Ez a technika a nappali oldalon nem használható, mert ott a felhőzet által visszavert napfény túlagyogja és elnyomja a bolygóról érkező gyenge sugárzást. A Galileo- és a Cassini-szondán elhelyezett műszerekkel próbálták ki, és bizonyították ezeknek a légköri ablakoknak a használhatóságát. Jelenleg az ESA által 2005-ben indított Venus Express szonda VIRTIS (Visible and Infrared Thermal Imaging Spectrometer) műszere gyűjti az 1,18 μm -en a 16 km-ről, az 1,51 és 1,55 μm -en a 20–35 km-ről, a 2,3 μm -en a 35 km-ről, az 1,74 μm -en a 45–50 km-ről érkező információt. 60 km a legkisebb magasság, amelyet az 5,05 μm -en mérni lehet. 400 μm -en a visszavert napfény a 70 km-en lévő felhőtető vizsgálatát teszi lehetővé.

A Venus Express (VEx) 2006. április 11-én állt Vénusz körüli pályára. A 600 kg-os szonda poláris pályája erősen elliptikus: apocentruma 65 000 km-en van, pericentruma 88° szélességen 250–350 km magasság környékén teszi lehetővé in situ mérések végrehajtását. Az északi félgömb felett túl gyorsan mozog, ezért nem tud jó képeket készíteni, de az apocentrumtól a déli félgömböt 20 km-es felbontással tudja vizsgálni.

A Venus Express nem készít hagyományos fotókat. Spektrométereinek méréseiből háromdimenziós képeket készítenek a légköri rétegekről le a felszínig. Nem is gondolná az ember, hogy az űrkutatásban ma – az elképesztően jó minőségű képek világában – milyen érdekes információk gyűjthetők képek nélkül is. Ezeket a méréseket egészítik ki a Venus Express Radio Science (VeRa) mérései, amikor a Nap, a Föld, vagy valamelyik fényes csillag a Vénusz mögött látszik a szondáról. Ezek az okkultációs mérések vertikális profilok meghatározását teszik lehetővé, és 50 km, vagyis a felhőtető alatt is adnak információt, ahol egyébként már nehéz mérni. Az eredményeket a Vénusz légköréről szóló részben tekintjük át.

Ami a felszín tanulmányozását illeti, ezeken a hullámhosszakon a felszín fényvisszaverő képességének változása helyről helyre eléri a 20%-ot, ami már lehetőséget adna a gránit és a bazalt megkülönböztetésére is. Ezért ígéretes a VIRTIS/VEx globális térképe, ha elkészül a Vénusz egész felszínére. Addig pedig az eddigi radarképek alapján készített, az egész bolygóra kiterjedő tematikus térképek tanulmányozását folytatják a szakemberek. A Naprendszer többi bolygójáról, elsősorban a Földről megszerzett ismeretek (vagyis az összehasonlító planetológia) segítenek olyan új szempontok alapján megfogalmazni a kérdéseket, amelyek a speciálisan csoportosított adathalmazokból új ismereteket adnak a Vénuszra. A felszínről ilyen módon megszerzett új eredményeket a felszínről szóló fejezetben foglalom össze.

A Vénusz felszíne

A felszín nagy vonalakban

A Vénusz felszínének 65%-át hullámos síkság foglalja el (3. *ábra*, lásd a színes melléklet IV. oldalán), amelyet sokszori vulkáni előntések alakítottak ki. Erre a lávafolyások lebenyszerű peremei utalnak. A Venyera szondák jóvoltából van helyszíni információ is a felszín anyagáról, még a nyolcvanas évek előtti időkből. A mérések szerint a felszínen toleiites bazalt található, amelyet a Földről is ismerünk, mint nagyon híg, majdnem vízszerűen folyó vulkáni anyagot. Arról keveset lehet tudni, hogy a vulkáni előntések előtt milyen anyag alkotta a Vénusz kérgét.

A felszín 27%-át a közepesnél mélyebben elhelyezkedő mélyföldek teszik ki. A felszín 8%-át kitevő hegyvidéki területek viszonylag koncentráltan emelkednek ki a lávasíkságból. Ezek az északi pólus közelében elhelyezkedő Ishtar-föld, az egyenlítő mentén elterülő Aphrodite-föld, valamint néhány magas vulkáni komplexum. Az Ishtar-földet a Lakshmi Planum fennsíkja és ezt a fennsíkot négy oldalról körülölelő gyűrt hegyrendszerek csoportja alkotja (4. *ábra*, lásd a színes melléklet V. oldalán), amely azért érdekes, mert a Naprendszer kérges bolygótestjei közül a Földön kívül egyedül itt találhatók gyűrt hegyrendszerek.

A vulkáni hegyek

A Vénusz felszínét radarral már a Földről megpróbálták felderíteni. Már az első (Arecibóból végrehajtott) radarmérések különböző alakzatokat mutattak ki a felszínen: egy becsapódásos krátert (elnevezték Évának, és ennek központi csúcsa lett a Vénusz „Greenwich”-e), és két nagy radarvisszaverő-képességű területet (Alfa és Béta lett a nevük) azonosítottak. A Bétáról később kiderült, hogy több kilométer magas vulkáni hegy. Hasonló a hawaii hegyekhez, és forrópont-vulkanizmussal magyarázták a létét, mint ahogy a többi, hasonló hegyét is.

A Vénusz-felszín különleges alakzatai

A Venyera-15 és -16 radarfelvételei, amelyeket az északi pólus környékéről készítettek, a különleges alakzatok miatt nagy döbbenetet váltottak ki. A *tesszerák*, amiket akkor még találóan parkettának neveztek, nagyon összetört, elég nagy kiterjedésű, összefüggő területek, amelyek hirtelen, majdnem hogy szigetként emelkednek 1-2 km magasságra a környező síkságok fölé (5. *ábra*).

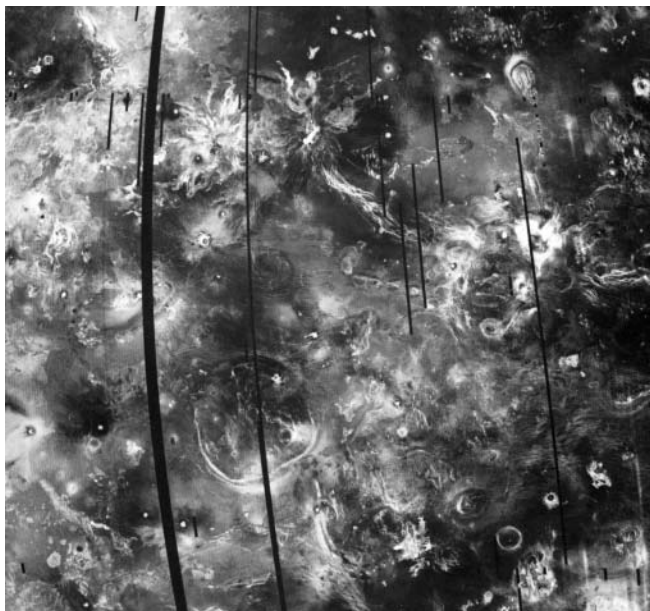
A legfeltűnőbbek azonban a nagy számban megjelenő, különböző méretű kerek alakzatok, amelyek mint pókok ülnek a felszínen. El is nevez-

ték őket *arachnoidoknak*. A 90-es években a Magellan-képek jobb felbontása alapján már látni lehetett a szerkezetüket is: egy-egy radiális repedésrendszert körárok vesz körül. A radiális repedések sokszorosan túlnyúlnak a körárkon. Ezeket a körárokkal körülvett képződményeket *koronáknak* nevezték (6., 7. 9., 10. 11. ábrák). Azokat az arachnoidokat, amelyeknek nincs körkörös szerkezetük, csak radiális törésrendszerük, *asztrák* (vagy nívák) névvel illetik (8. ábra).

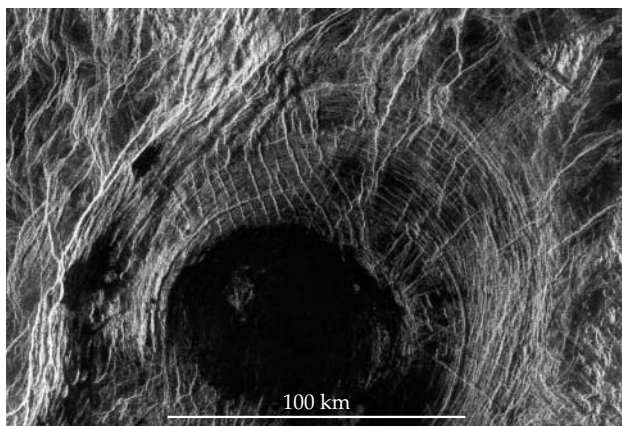
Az asztrák tulajdonképpen radiális törések centrumai, amelyek tipikusan 100–300 km átmérőjű területekre terjednek ki. Gyakran jelen vannak koronák belső részén, és ezért sokan úgy gondolták, hogy a koronakelet-



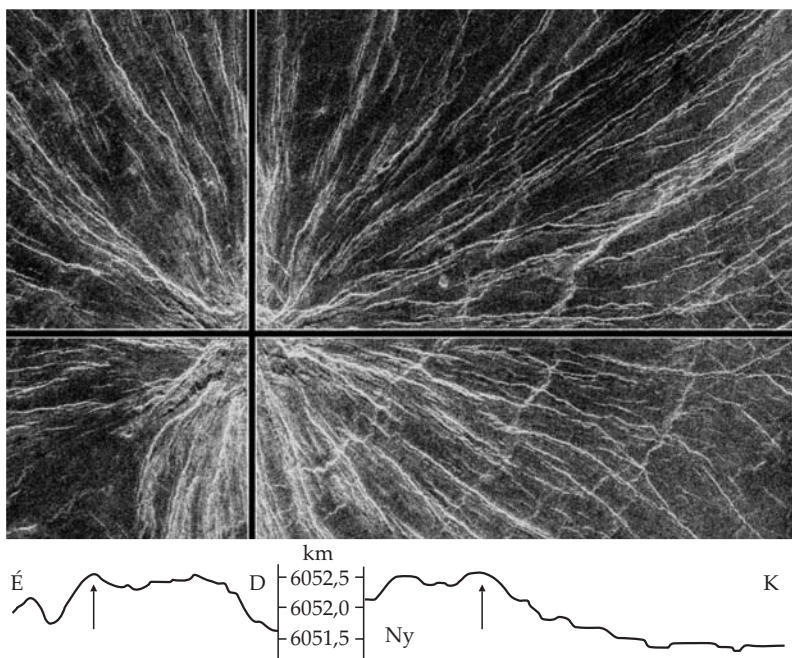
5. ábra. Egy tipikus tesszera terület szigetszerű elhelyezkedése a hosszan elnyúló redőgerincek között.



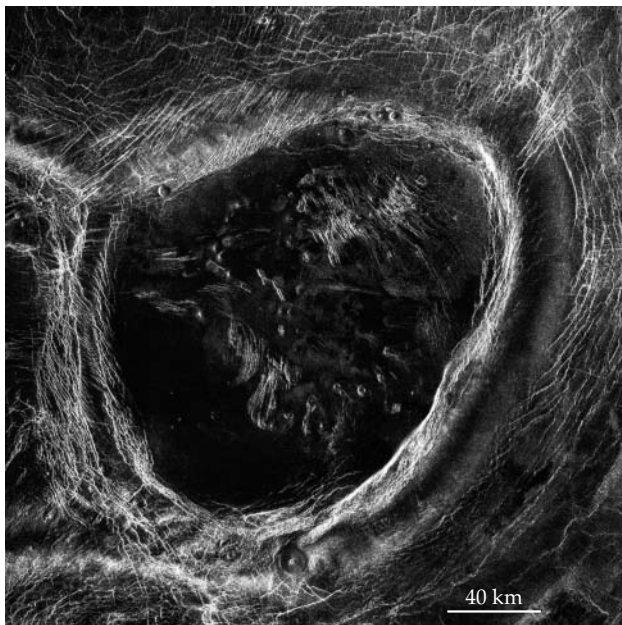
6. ábra. Koronamező az Eistla-régióban. A középtől kissé lejjebb, balra a 800 km átmérőjű Heng-O korona. (A középen fent elhelyezkedő – 100 km-es – korona és környéke a 11. ábrán kinagyítva látható.)



7. ábra. Egy tipikus korona radiális és koncentrikus redőrendszerrel.



8. ábra. Egy tipikus asztra radiális redőrendszere. Az alsó paneleken É–D-i, illetve K–Ny-i irányú (lásd fekete vonalak) magassági profilok láthatók. A nyílak az asztra középpontját jelölik, ahol a terepszint a legmagasabb.

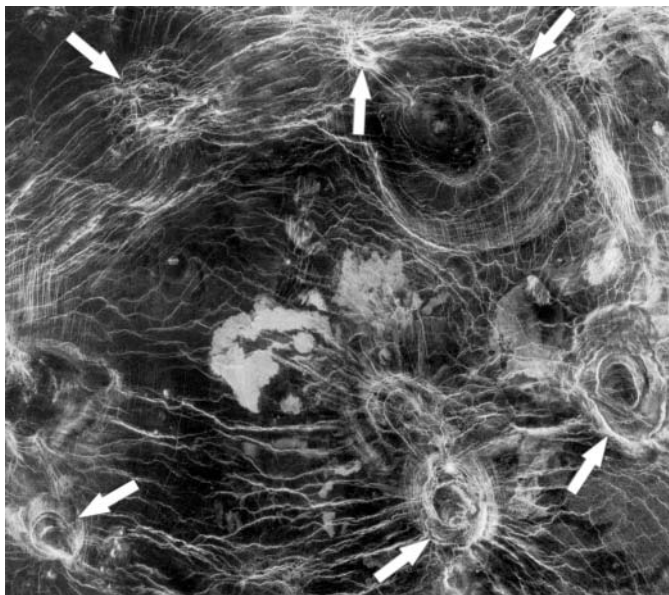


9. ábra. Egy tipikus korona vulkánokkal teli központi része.

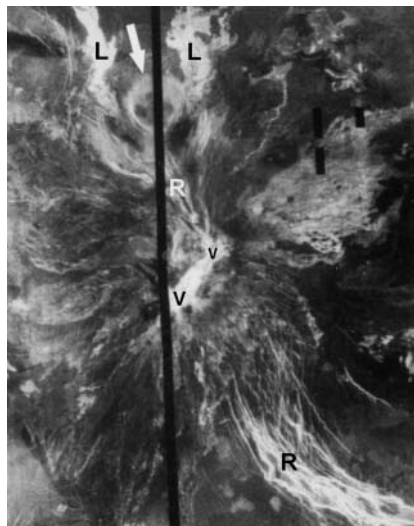
kezés vagy -fejlődés bizonyos fázisához kapcsolódik a keletkezésük. Mint a koronák (9. ábra), sokszor ezek is vulkanizmussal kapcsolatosak, és ezért arra gondoltak, hogy forró köpenyanyagnak a kőzetburokba való behatolása (a diapír/plume = köpenycsóva) okozza őket. Sok asztránál – mint ahogy a koronáknál is – látszik, hogy nemcsak egy időszakban keletkeztek, hanem vannak közöttük olyanok, amelyek már a most látható felszín korai időszakában létrejöttek.

A jobb felbontású Magellan-képeken azonosítható *redőgerincek* néhol párhuzamosan futó úgynevezett lineamentumokba (repedések?, gerincek?) rendeződnek, amelyek néha vulkáni hegyeket, néhol koronákat kötnek össze, de sok helyen csak úgy magukban találhatók (10–11. ábra). Ezek biztos, hogy tektonikus alakzatok, és a kéreg feszültségei hozták létre őket. A 10. ábrán látható szerkezet véleményem szerint biztosan azonos időben volt aktív, és a koronák szinkron keletkezésével kapcsolatos feszültségek hozhatták létre a redőket is.

A másik meglepő felfedezés valaminek a hiánya volt. Nevezetesen az, hogy a Földhöz hasonlóan hitt Vénusz nemcsak a légkörét illetően más,



10. ábra. A koronákat összekötő redőgerinc-kötegek mutatják, hogy a koronák (nyilakkal jelölve) – és velük a redőgerincek – nem egymás után, hanem egyetlen folyamat során, együttesen keletkeztek.



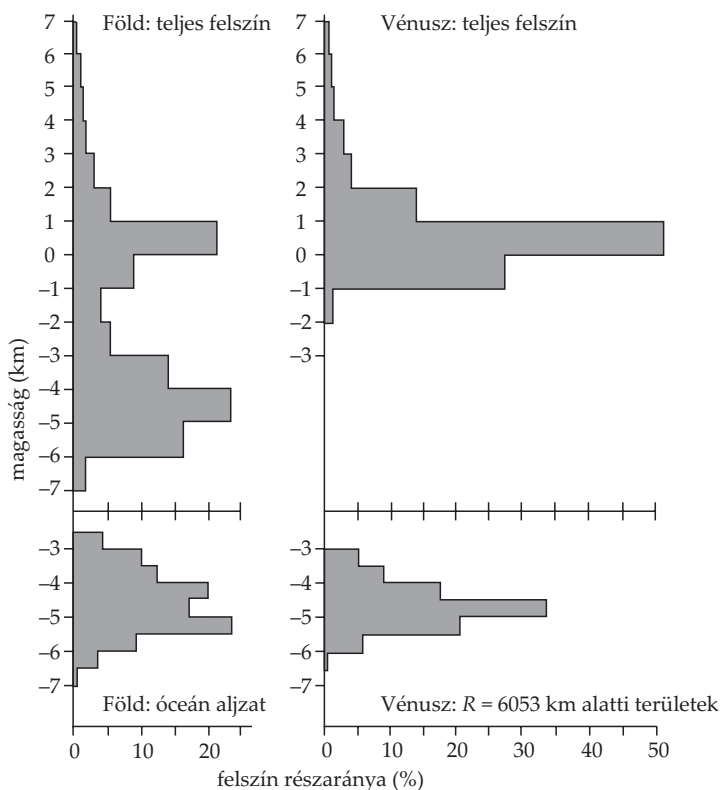
hanem a felszín domináns formáit illetően is. Nincsenek rajta sem a tengeralatti hátságokhoz, sem a szubdukciós zónákhoz hasonló képződmények.

Hogyan van az, hogy a csaknem akkora Vénusz teljesen másként működik, mint a Föld, és nincs rajta lemeztektonika?

11. ábra. A 6. ábrán látható 100 km átmérőjű korona környéke: a koronából kiinduló durva felszínű lávafolyások (L), a közeli kettős vulkáni hegy (V), és a közöttük levő, majd a hegyek után is folytatódó redőgerinc-köteg (R).

A Vénusz-felszín hipszogramja

A Vénusz felszínének tehát a legfeltűnőbb jellemvonása a 65%-át kitevő hullámos vulkáni síkság. Egy bolygó *hipszogramja* azt ábrázolja, hogy a felszín hány százaléka esik bizonyos magassági határok közé. A Föld esetében az óceáni medencék és a szárazföldek adják a két legnagyobb összterületet, és ezek különböző átlagmagasságban helyezkednek el. Ezeknél mélyebbek a mélytengeri árkok és magasabbak a magashegységek, de ezek részaránya az összfelszínnek csak nagyon kis százaléka. A kétféle – az óceáni és a szárazföldi – kéreg miatt a Föld hipszogramja



12. ábra. A Föld és a Vénusz hipszogramja azt mutatja, hogy a felszín hány százaléka esik bizonyos magassági határok közé. A felső diagramok 1 km-es felbontással a bolygók teljes felszínére, az alsók 0,5 km-es felbontással csak a mélyebben fekvő területekre vonatkoznak. A földi hipszogram két maximumát a kontinentális és óceáni kéreg adja, amelyek különböző átlagmagasságban helyezkednek el.

kétpúpú tevére hasonlít (12. *ábra*), és ezt tartják a lemeztektonikára jellemző formának a kétféle (az óceáni és a szárazföldi) kéreg léte miatt.

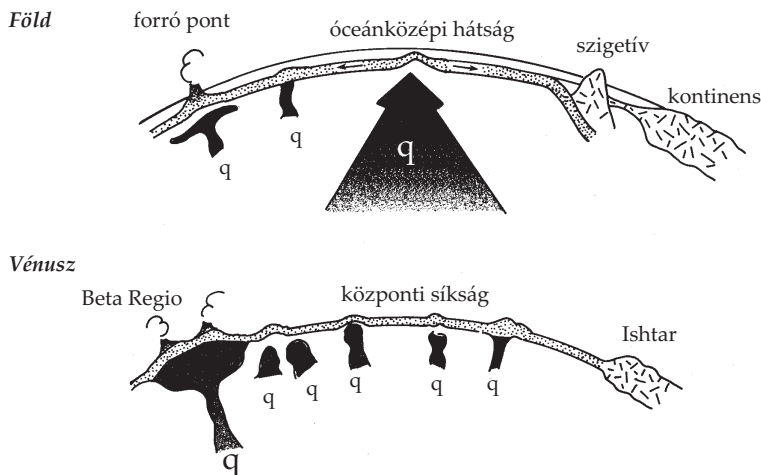
A Vénuszon semmi nyomát nem látjuk egy második púpnak (12. *ábra*). Azt jelenti-e ez, hogy a Vénuszon nincs kétféle kéreg, tehát geofizikai vonatkozásban a Vénusz nem földszerű, vagy a 65%-ot kitevő vulkáni síkságnál nem látjuk, hogy mi van a „tengeraljzaton”? A Vénusz hipszogramja olyan, mint amilyen a Földé lenne, ha azt a kontinens + tengerfelszínre szerkesztenénk meg, és nem a kontinens + tengeraljzatra.

A Vénusz hipszogramja szimmetrikus, és hasonlít a Föld óceáni kergének magassági eloszlásához abban az értelemben, hogy az óceáni aljzaton forró foltok és fenékhegyek sokasága helyezkedik el. Vagyis mintha a Vénusz felszíne inkább a földi óceáni kéreghez hasonlítana. Ugyanakkor tágulási centrumokat, vagyis tengeralatti hátságokhoz hasonlókat a földi óceáni kéreggel ellentétben nem látunk rajta.

Az Ishtar-föld viszont nagyon különleges, nagyon eltér a Vénusz-felszín többi részétől a plató és az azt körülvevő gyűrt hegyek vonatkozásában is (4. *ábra*). Ez a terület inkább kontinens jellegű. Tehát a Földdel ellentétben, ahol az óceáni és a kontinentális kéreg részaránya nagyjából azonos (ennek eredménye a két púp a hipszogramon), addig a Vénuszon egy, a felszín nagy részét uraló „óceáni” kéreg van, és egy elhanyagolható részarányt képviselő „kontinentális” kéregdarab? Mindenesetre a helyes válaszhoz a felszíni alakzatok részletes tanulmányozását kellene nagyobb térbeli felbontású radarfelvételeken elvégezni.

Becsapódásos kráterek, kormeghatározás: katasztrofális vulkáni elöntési modell

Ugyancsak a Magellan képei alapján bizonyosodhattak meg a kutatók arról, hogy a Vénuszon a becsapódásos kráterek száma nagyon kicsi, körülbelül 1000, és az eloszlásuk az egész felszínen egyenletes. A kis szám arra utal, hogy a felszín nagyon fiatal, nem lehet öregebb 500–800 millió évesnél. Az egyenletes eloszlás pedig arra utal, hogy amit ma a felszínen látunk, az egy időben jött létre, vagyis, hogy az egész felszín azonos korú. Tehát nincsenek öregebb és fiatalabb felszíndarabok, mint például a Holdon. Ez szintén nagy döbbenetet váltott ki. Hogyan lehetséges ez? A geofizikusok McKenzie javaslata nyomán úgy képzelik, hogy a Vénuszon az egész kéreg egyszerre „fordult be”, és a belsejéből egyszerre kiáramló és a mindenhova szétömlő, forró, híg vulkáni anyag elborította a felszínt, eltakart minden előző képződményt. Ezt a szétömlő vulkáni anyagot azonosították a Venyera szondák a leszállási helyeken toleites bazaltként, és ez alkotja a hullámos síkságot. De hogyan tud a felszín így egyszerre „befordulni”?



13. ábra. A belső hő (q) kijutásának módja különböző a Földön és a Vénuszon. A tengeralatti hátságok menti vulkanizmus miatt a hő nem halmozódik fel a Föld esetében – ellentétben a Vénusszal, ahol epizodikus katasztrofális vulkáni előtételek formájában vezetődik ki a bolygó belsejéből.

Úgy gondolják, hogy a Földdel ellentétben – ahol főleg a tengeralatti hátságok repedései mentén a vulkanizmus révén a lemeztektonika folyamatosan szállítja a hőt a Föld belsejéből kifelé – a Vénuszon csak kevés forró folt felett kialakult óriási vulkán juttatja ki a hőt a belsejéből (13. ábra). A hő a bolygó belsejében így felhalmozódik, és amikor már a Vénusz belseje nagyon forró, és a kéreg elvékonyodik az alatta lévő forró anyagtól (termális erózió), egyszerűen felszínre tör az alatta lévő olvadt anyag elborítva az egész kérget, amely hidegebb és sűrűbb léven le-süllyed. Ez történhetett legutóbb körülbelül 800 millió évvel ezelőtt.

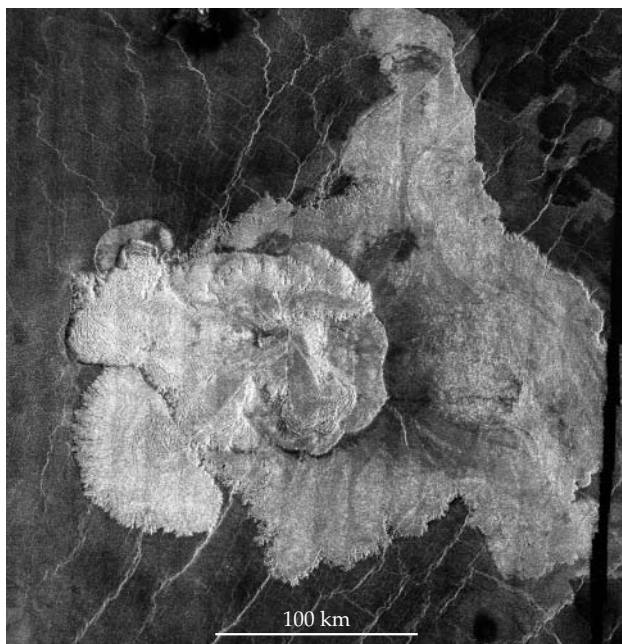
A Föld típusú bolygókon a vulkanizmus térbeli és időbeli eloszlása a fő forrás ahhoz, hogy megértsük geodinamikai fejlődésük történetét. Ezért a kutatók a Vénuszról készített korábbi radarképek alapján a vulkáni kiömlési területek eloszlásának vizsgálatába kezdtek ennek a katasztrofális felszín-újraképzési modellnek a bizonyítása céljából. A felszín 21%-át sikerült átvizsgálni. Ez a 21% a Vénusz felszínének két egymástól független részét képviselte. Mindegyik részen a legnagyobb kiömlési területek a felszín nagyon nagy részére terültek ki (59%, illetve 64%), és az ezeket alkotó vulkáni anyag a területen a kiömlött összes vulkáni anyagnak a 90%-át képviselte. Ez a két nagy vulkáni kiömlés egy még korábbi, öregebb vulkáni területen található. A többi 841 vulkáni kiömlési nyom fiatal-

labb is, és az összes kiömlött anyagmennyiségnek csak 6%-a. Ráadásul nem új helyre, hanem ennek a két nagy vulkáni területnek a tetejére ömölt ki. Érdekes példát mutat erre a 14. ábra.

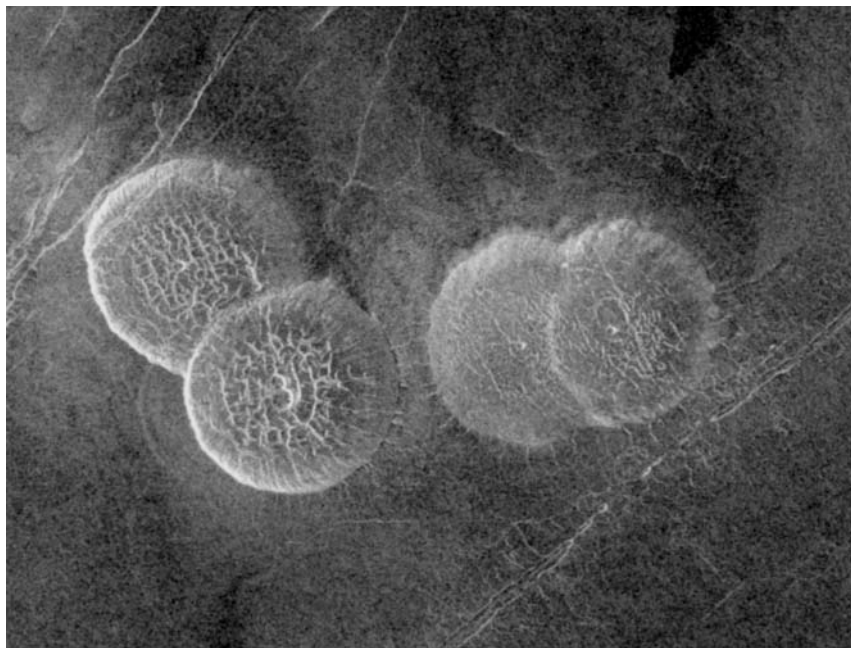
A talált eloszlás összeegyeztethetetlen egy egyensúlyi felszín-újraképzési modellel, és inkább a katasztrófa-modellel támasztja alá. A 841 vulkáni kiömlés lávamennyisége és elhelyezkedése azt jelzi, hogy a katasztrófális fázist a vulkanizmus lecsengése követte, amikor az aktivitás csak vulkáni centrumokra korlátozódott. A Vénuszon a fő vulkáni aktivitás nem köthető a jelenleg is látható aktivitási centrumokhoz, mert a vulkáni síkságok takarják ezeket a centrumokat.

Vagyis a Vénusz a hőt időszakos globális szubdukciós eseményeken keresztül veszíti el, amelyek a felszín hirtelen, katasztrófaszerű újraképzéséhez vezetnek. A vulkáni tevékenység ma a Beta, Atla, Themis (BAT) régióban koncentrálódik (3. ábra).

A Magellan radarképein látható *palacsinta-vulkánok* (15. ábra) sűrű, nagy viszkozitású, riolit szerű láva kiömlésével keletkeztek, ami egy egykori



14. ábra. A Vénusz felszínét a katasztrófális felszín-újraképződések idején elborító híg bazaltlávából álló síkságra (sötét, párhuzamos redőkkel szabdalts környezet) később kiömlött sűrű vulkáni anyag.

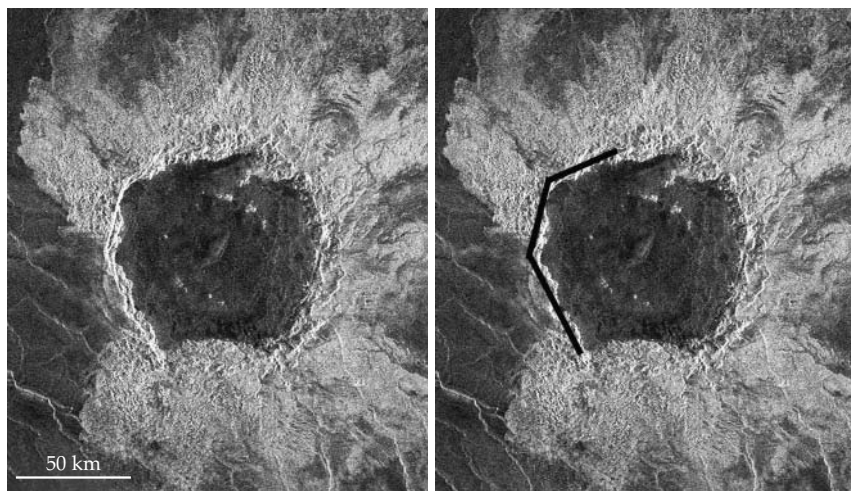


15. ábra. Lávadóмок (palacsinta-vulkánok) a Vénuszon. A sűrű, nagy viszkozitású láva itt is a híg bazalttal elöntött síkságra tolul ki.

sziklás kéreg jelenlétére utal. Ilyen sziklás maradványok azonosítása lehetőséget adna arra, hogy belelássunk a Vénusz-felszín katasztrofális előntése előtti történetébe. Ezért is érdekes lesz a VIRTIS/VEx globális térképe az egész felszínre, mert azon esetleg lehet majd gránit felszínadarabokat találni.

Az asztrák kialakulási időtartama

A krátterszámlálások alapján bizonytalannak ítélt kormeghatározás pontosítására vizsgálatot indítottak a kutatók a Magellan-szonda képein található asztrák felhasználásával. Az asztrák alapján is meg lehet állapítani a relatív kort hasonló módon, ahogy a becsapódásos kráterek alapján szokták. Repedéseik ugyanis néha átfutnak másfajta felszínformán is, vagy éppen folytatódnak más felszínformák túlsó oldalán. Vagyis látható, hogy egyes asztrák már a korai időszakban kezdtek kialakulni, formáló mechanizmusuk tehát már működött a jelen felszín legöregebb korától



16. ábra. Egyenes oldalú becsapódásos kráter a Vénuszon.

végig, mind a legújabb időkig. Ez az időszak pedig hosszabb, mint a Földön a forró pontokat tápláló köpenycsávák, de rövidebb, mint a Marson az Olympus Mons tápláló köpenycsáva élettartama.

A poligoniális becsapódásos kráterek egyenes szakaszai: a Vénusz-felszín „gyengeségi zónái”

A becsapódást elviselő test becsapódások előtti inhomogenitásai erősen befolyásolják a létrejövő kráter alakját, és emiatt a kráter körvonalában sokszor a körív helyett egyenes szegmensek láthatók (16. ábra). A Vénuszon a 12 km-nél nagyobb 550 kráter vizsgálatába kezdtek a kutatók ilyen sokszögletű krátereket keresve. 121-et találtak, ami a kráterek 22%-a. A kráterek peremének egyenes szakasza gyakran párhuzamos a környező tektonikai struktúrák irányával, főként a közeli tesszerák, koronák struktúrájával. Vagyis a kráterek egyenes szegmensai egyértelműen jelzik a kéregnek a becsapódást megelőző tektonikai szerkezetét, vagyis a gyengeségi zónák eloszlását és orientációját. Ilyen módon tehát feltérképezhető a bolygó.

Geológiaiilag aktív-e jelenleg a Vénusz?

A VIRTIS a déli félgömböt vizsgálta végig az 1,02 μm -es légköri ablakon, amelyen 12%-ot is elérő változásokat talált. A VIRTIS spektrométer méréseit összevetve Magellan radarképeivel érdekes eredményt kaptak. A Magellan-

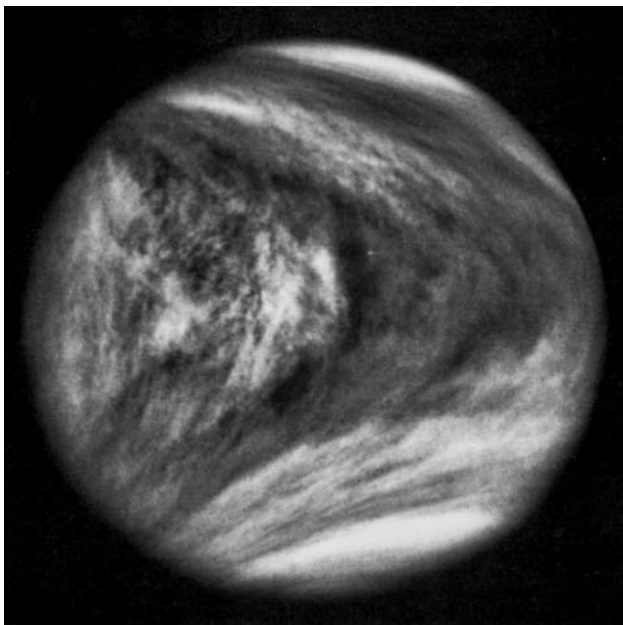
szonda térképein 9, a hawaii forró ponthoz hasonló területet vizsgáltak meg a Vénuszon, ahol nagy topográfiai kiemelkedések és nagy gravitációs anomáliák vannak. Ezek együtt arra utalnak, hogy a mélyben köpenycsövak vannak alattuk, tehát forró pontok lehetnek. A VIRTIS által mért hőtérképet három forró pont esetében rávetítve a Magellan-szonda térképére kimutatták, hogy éppen ezeken a helyeken erősebb a hőszugárzás a környezetnél (17. ábra, lásd a színes melléklet V. oldalán). A lávafolyások itt nem idősebbek, mint 250 millió év, de lehet, hogy még fiatalabbak is. Ez arra utal, hogy a Vénusz geológiai értelemben ma is aktív.

A Vénusz légköre

A Vénusz a Földdel ellentétes (retrográd) irányban és lassan forog, a forgástengely hajlása csak 2° . Nagy tömegű légköre és sűrű, átlátszatlan felhőzete van. A Vénusznak és a Földnek körülbelül ugyanannyi szén-dioxidja van. Míg a Földön a CO_2 zöme mészkőbe zárva a kéregben van, a légkörben csak nyomokban van jelen, addig a Vénusznál a CO_2 a légkörben gáz állapotban található. Az összes légköri gáznak körülbelül a 96%-át teszi ki, és a következő leggyakoribb alkotóelem, a nitrogén, csak 3,4%. A nagy CO_2 -tartalom miatt a Vénuszon a felszíni légsűrűség 92-szerese a földinek, és a felszín közelében szuperkritikus viselkedésű, vagyis nem gázként, hanem folyadékként viselkedik. Ez magyarázza a becsapódásos krátereket körülvevő törmeléalakzatok virágsziromszerű formáját (18. ábra). A légkör jóformán semmiféle sugárzást nem enged át 1 mm alatt, kivéve néhány keskeny infravörös sávot.



18. ábra. Tipikus közepes méretű becsapódásos kráter. A sűrű légkörben a súrlódástól felizzó test külső részeinek robbanásszerű leválása légköri lökéshullámot kelt. Ennek energiája szétmorzsolja a talajt (a finom, szemcsés anyagra a radarképen levő sötét terület utal a kráter törmelékterítője körül), mint ahogy a Földön az 1908-as Tunguz-becsapódáskor a lökéshullám körben ledöntötte a fákat. A virágsziromszerű törmelékterítő a kritikusnál nagyobb nyomású légkör folyadékszerű viselkedése miatt alakul ki. A törmelékterítő aszimmetriája pedig azt mutatja, hogy a becsapódó test ferdén érkezett, és útján a légkörben erős, turbulens áramlást keltett. Ez akadályozta meg, hogy a törmelék minden irányban egyenletesen szétterüljön.



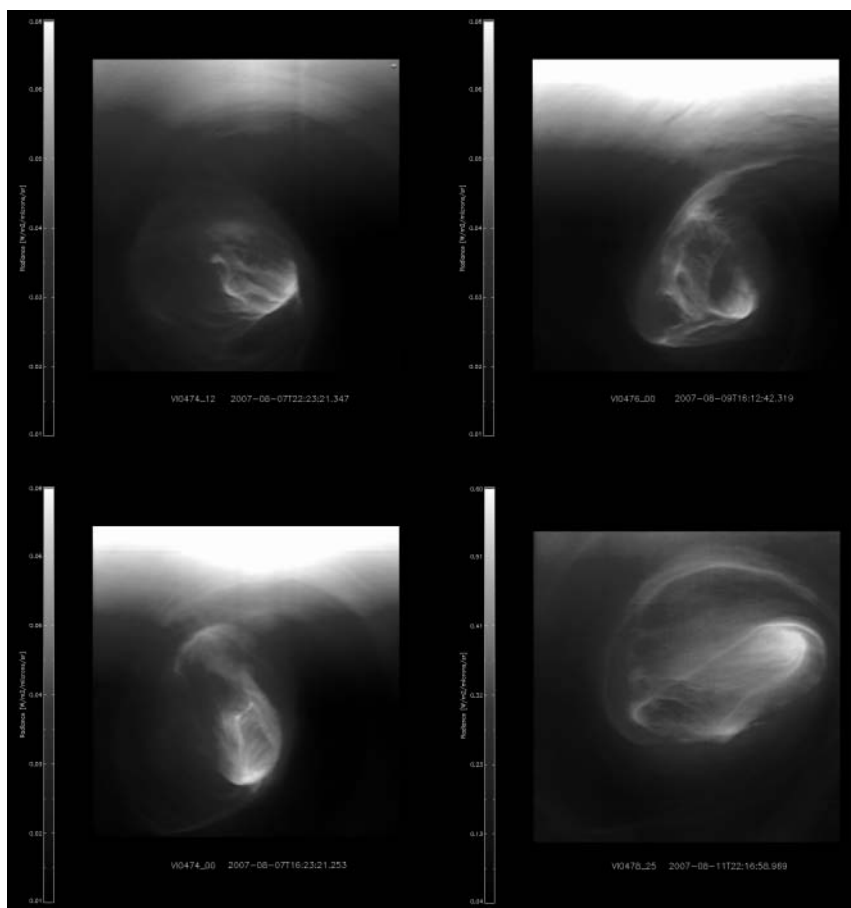
19. ábra. Az ultraibolya hullámhosszon készített felvételen a Vénusz felhőzete ragyogóan kirajzolja az egyenlítőre szimmetrikus légköri áramlásokat. A balról sütő Nap hatására a szubszoláris pont környékén a légkör konvektív, amely 60° szélességek környékén átmegy egy simább, sávós áramlásba. Ez a Vénusz lassú forgása miatt az éjszakai oldal felé egyre kisebb szélességekre terjed ki (Y-alak a felhőzetben), majd átadja helyét a fényes poláris gallérnak, amely körbezárja a poláris örvényt (a képen nem látszik).

A Vénusz felhőzete

A Vénuszt vastag, zárt felhőzet borítja, amit kénsav, kénessav, kevés szén-dioxid és valamiféle ismeretlen aeroszol alkot. Ezt az ultraibolyában abszorbeáló aeroszolt mind a mai napig nem sikerült azonosítani. Látható fényben a felhőzet semmiféle szerkezetet nem mutat, de ultraibolyában jellegzetes Y alakzatúnak látszik (19. ábra), amelynél a felhőzet $60\text{--}70^\circ$ szélességek környékén egy fényes poláris gallérban szinte feltorlódik. A galléron belül a sűrű, magas felhőzet nagyon alacsony hőmérsékletű, a közepes szélességeken lévő felhőzetnél mintegy 30 fokkal hidegebb. Ez a poláris gallér tulajdonképpen a hideg levegőnek egy széles és sekély légfolyama, amelyet az egyenlítőtől a pólus felé tartó áramlás táplál, és a gallér az áramlás pólusközel határát jelzi.

A sűrű felhőzet 40–60 km magasságok között helyezkedik el, óriási változékonyságot mutat, és a különféle rétegekben sokféle meteorológiai jelenség zajlik. A felhőtető kis és közepes szélességeken stabilan 70–72 km-en helyezkedik el, és gyors, retrográd mozgásban van (szuperrotáció).

A gallér körbezár egy örvényt (20. ábra), amely a hideg galléron belül egy magas szélességen elhelyezkedő cirkulációs cella lehet, és a földi téli-



20. ábra. A Venus Express infravörös felvételei a Vénusz déli poláris örvényéről időben nagyon változó formákat mutatnak.

félgömbi áramlási rendszerre hasonlíthat. Ez a *déli poláris örvény* egy gyors leáramlási hely, két központú (dipól), az átmérője néhány ezer km. A déli poláris örvény és gallér hasonló az északihoz, a kettő egymás tükörképe. A déli is azonos irányba forog, mint a szilárd bolygótest, és mint a szuperrotáló légkör.

A Pioneer Venus Orbiter 1979-ben 72 megfigyelési nap alatt végrehajtott infravörös sugárzásmérése alapján az északi örvény forgása 2,79–3,21 nap között változott. A forgási periódusban egy 40 napos oszcilláció látszott, és egy 10%-os csökkenés is kimutatható volt, ami még hosszabb periódusú oszcillációra utal. A déli örvény 2,5–2,8 földi nap periódussal forog körbe (átlagosan 2,48 nap alatt), vagyis kicsit gyorsabban, mint az északi tette a Pioneer Venus repülése idején. Középpontja gyakran 3°-ra is kitolódik a déli pólusról (20. ábra), ilyenkor 5–10 nap alatt körbejárja, „körbeprecesszálja” a pólust. A mintázat sokkal bonyolultabb annál, minthogy egy egyszerű forgással magyarázni lehetne. Lehetséges, hogy a különbség a két póluson elhelyezkedő örvény viselkedése között hemiszfrikus, de lehet, hogy csak az időbeli változás eredménye.

A hőmérséklet sokkal magasabb a poláris örvényben (250 K), mint a gallérban (210 K). A felhőtető magassága is különböző a poláris gallér és a poláris örvény esetében. A gallérnál 70–72 km magas van a felhőtető, az örvénynél 64 km-en. Vagyis a poláris örvényben, a felhőtetőben egy depresszió, egy bemélyedés van. A mostani párhuzamos mérések ultraibolyában és infravörösben – amelyek különböző magasságú légköri rétegekre vonatkoznak – azt mutatják, hogy az örvény szerkezete és a cirkuláció legalább 50–55 km mélységig, vagyis az alsó felhőtetőig követhető, de a dipól megjelenése csak a felhőtető régióra korlátozódik.

A szélesebbéget az örvényben a 75° szélességen 45–50 km-en 50 m/s-nak, de 60 km-en 35 m/s-nak mérték. 80° szélesség felett azonban már nem volt különbség, mindkét magasságban a struktúrák azonos sebességgel mozogtak.

A Vénusz-légkör hőmérséklete

A Vénusz felszínén a hőmérséklet 500 °C. Mivel a Vénusz forgástengelye csaknem merőlegesen áll a bolygó pályájára, ezért a Vénuszon nincsenek szezonális változások. A légkör gyors forgása miatt a nappal és az éjszaka között sincs hőmérséklet-különbség, vagyis a hőmérséklet a felszínen majdnem mindenütt ugyanolyan. A hőmérséklet a magassággal csökken. A felhőtetőnél a hőmérsékletben napról napra van változás, és itt már van nappal-éjszaka különbség is.

A leghidegebb légköri réteg 60 fokos szélességek és 100 km magasság felett van, amit *krioszféra*nak is neveznek. Ugyanakkor meglepő, hogy a termoszférában az éjszakai oldalon hőmérsékleti inverzió vagyis egy meleg réteg van a szoláris-antiszoláris termoszféra-áramlás következtében; ennek létrejöttére korábban nem számítottak.

Szél a Vénuszon

A kis hőmérséklet-különbségek következtében a felszínen a szelek nagyon gyengék, és gyenge a légköri erózió is. A szél erőssége a magassággal nő, és a felhőtető magasságában a legerősebb, ahol a légkör már 4 nap alatt körbefutja a 243 nap alatt megforduló bolygót (a földi 1,3-szoros szuperrotációval szemben a Vénuszé 61-szeres). Még mindig magyarázatra vár, hogy mi gyorsítja fel ennyire a légkört.

A különböző magasságokban a szélesebbség mérés a felhőzet különböző kontraszt-alakzatainak a nyomon követésével történt ultraibolya, illetve a felső párárétegen is áthatoló 1,74 és 5,05 μm -es infravörös hullámhosszakon.

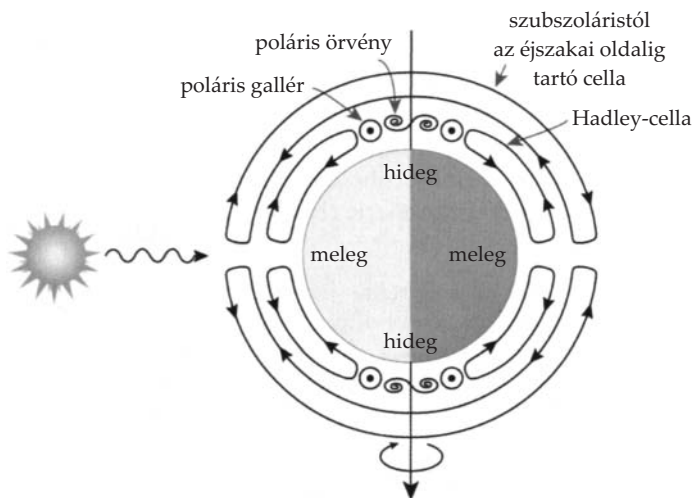
Az 50° szélesség környéke két szempontból is elég éles határt képvisel a szélnyírásban. Egyrészt azonos magasságban nézve a felhőtetőnél (70 km-en) az ultraibolya-mérések szerint 50° szélesség alatt 100 m/s a szélesebbség, de felette gyorsan csökken a pólus felé. Másrészt 50 km magasságban nézve erős, 3 m/s/km függőleges szélnyírást mértek az éjszakai oldalon 50° szélesség alatt, de felette nem volt szélnyírás.

A szélmérések durván megfelelnek annak, amit a modellek alapján várnak egy ilyen lassan forgó bolygónál, ahol – a gyorsan forgó Földdel és Marssal ellentétben – nem a Coriolis-erő dominál.

A Vénusz légkörének általános áramlási rendszere

Mivel nincsenek szezonális változások, a Vénuszon az áramlási rendszer nincs olyan nagy, éves átrendeződésnek kitéve, mint a Földön. Emiatt a galléron belül nagyobb, állandóbb poláris örvények épülhetnek fel, mint a Földön a téli félgömbön szokott.

A Vénusz-légkör meteorológiáját is – mint minden Föld típusú bolygóét – a Naptól kapott hőszugárzás vezérli. A Vénuszon a sűrű, átlátszó felhőzet miatt a Nap fényének nagy része visszaverődik, a felszínig csak néhány százaléka jut le, a többi a légkörben nyelődik el. Az elnyelődés helyén, a szubszoláris pontban, vagyis az egyenlítő környékén a levegő felmelegszik, felfúvódik, és helyére nagyobb szélességekről áramlik vissza a levegő, mint ahogy a többi Föld típusú bolygónál is. Ezt az egyenlítő és a magasabb szélességek között folyó meridionális áramlást nevezik *Had-*



21. ábra. A Vénusz légkörének áramlási rendszere.

ley-cellának. A Földdel ellentétben azonban a Vénusz esetében a lassú forgás miatt a Coriolis-erő a Hadley-cella áramlását csak sokkal nagyobb szélességen, 60° környékén tudja a meridionális áramlástól zonális irányba eltéríteni, ezért a Hadley-cella a földihez képest a pólusokhoz közelebb hatol. Az egyenlítőtől a pólus felé 60–65 km magasságban halad 60° -ig, ahol a leáramlás van. Valószínűleg a megosztott fűtés következtében a magasság szerint két áramlási cella alakul ki mindkét félgömbön, az egyik a felszíni elnyelés miatt a felhők alatt, a másik a légköri elnyelés miatt a felhők felett (21. ábra). A pólus felé az áramlás sebessége a CO és más nyomjelzők vizsgálatával 65 km magasság felett 0,2 m/s-nak adódott, a visszatérési idő körülbelül 300 nap.

A szubszoláris pont környékén, a felszínen elnyelődött sugárzás következtében a légkör alsó részén szélesség szerint három réteg alakul ki. Kis szélességeken egy konvektív és hullám-dominált meteorológia, amely a közepes és magas szélességeken körülbelül 60° -ig átmegy egy simább sávós áramlásba, majd ott átadja a helyét a hideg poláris gallérnak.

A szuperrotáló felhőzetet a 100 km feletti termoszférától elválasztó átmeneti tartomány a *mezoszféra*, amelynek felső határa, a mezopauza 100–120 km-en helyezkedik el. A mezoszféra felett lévő termoszférában egy a nappalitól az éjszakai oldalig tartó áramlási rendszer uralkodik

(21. ábra). Ezt az éjszakai oldalon mért magas termoszférikus hőmérséklet magyarázatára kellett feltételezni, bizonyítani pedig az $1,27\text{ }\mu\text{m}$ -es spektrumvonal mérésével sikerült, amelyet az oxigénmolekulák bocsátanak ki rekombináció közben. A nappali oldalon disszociált O_2 -ből származó oxigénatomokat ugyanis a Nap ultraibolya sugárzása ionizálja, majd az ionok a „pszeudo-mágneses tér”-rel az éjszakai oldalra sodródnak. Ott – miközben az áramlási cella leszálló ágával lefelé haladnak – a nagyobb sűrűségű magasságokban semlegessé válnak, és oxigénmolekulává állnak össze. Ez az emisszió nagyon változékony ugyan, de maximuma a mezopauza magasságában az antiszoláris pont környékén található. Ezt a fűtési mechanizmust a Föld felsőlégréjében többek között mi is felfedeztük az 1980-as években a mesterséges holdak fékeződése alapján (lásd irodalom).

A Vénusz-légkör kémiai összetétele

Mint korábban már szó volt róla, a légkör fő összetevője a szén-dioxid (CO_2), és csak néhány százalék az összes többi alkotó, vagyis azokat gyakorlatilag szennyeződésnek tekinthetjük. A mezoszférában CO , SO_2 , HCl , HF , H_2O és HDO -t tartalmazó finom ködpára található, amelynek függőleges eloszlása még nem ismeretes, mert a korábbi leszálló szondák csak 60 km alatt kezdtek mérni. A legfontosabbak közülük a szén-monoxid, a kén-dioxid, a kénsav, a sósav, a vízgőz és az oxigén.

Az alsó és középső légkörben a CO eloszlásával ellentétben a többi összetevő – köztük a H_2O is – sokkal egyenletesebben oszlik el a glóbuszon, legfeljebb 10% változás mérhető. A kémiai összetétel mérésének legfontosabb eredménye, hogy a CO mennyisége a szélességgel változik.

A szén-monoxid

Miután a CO élettartama hetekben mérhető, ez kitűnő nyomjelzővé teszi az általános cirkulációs mintázat meghatározásához. A CO -t $2,3\text{ }\mu\text{m}$ -en nappal, a felhők felett mérték. Szélesség vagy a hosszúság szerint nem találtak semmiféle szerkezetet. A keveredési arány 62–67 km-en 58 ppm. Az eloszlásban 90 km felett az erős növekedés arra utal, hogy a CO fő forrása a CO_2 fotolízise a termoszférában. A szén-monoxid mennyisége az egyenlítőtől a pólus felé nő, 60° -on maximális – alátámasztva, hogy valóban a 60° szélesség lehet a Hadley-cella felső határa. A pólus felé szállítás sebessége $0,2\text{ m/s}$ -nak adódott, tehát az egyenlítőtől néhány hét alatt eljut a 60° szélességi fok közelébe a hideg gallér külső széléig. Ezután a Hadley-cella áramlásával lefelé süllyed a felhők alá, majd tovább, a felszín felé áramlik le.

A kén, kén-dioxid és kénsav

A kén a vulkánok juttatják a légkörbe. A H_2O bontásával szabadabbá váló oxigénnel alkot kén-dioxidot, és vízzel kénsavat vagy kénessavat. A H_2O kis előfordulási gyakorisága miatt a kénsav cseppecskéi uralkodnak a felhőket.

A Földön is keletkezik természetes úton kénsavfelhő 20–25 km-es magasságban a vulkánokból kidobott kén-dioxidból és vízgőzből. A földi légkörben egy-egy vulkánkitörés utáni hűlést ennek tulajdonítják, és már az is felmerült, hogy a globális felmelegedés kompenzálására kén-dioxidot juttassanak a levegőbe.

Az SO_2 mennyisége a Vénuszon a szélességgel csökken, és már néhány óra alatt is nagyon változik. A mérések szerint most több van, mint ahogy azt korábban mérték. Ez esetleg cáfolja azt az állítást, amit az 1980–90-es évek mérései alapján mondtak, hogy hosszú távon csökken a mennyisége, tehát az 1980-as éveket megelőzően vulkáni kiömlés lehetett a Vénuszon. A mostani mérések szerint 2007 elején is volt egy hirtelen növekedés, amelyet egy konvektív esemény – talán szintén vulkáni kiömlés – válthatott ki.

A sósav

A mostani mérések a HCl -t kevesebbnek találták, mint 40 évvel ezelőtt. A Földről 3,44 μm -en végrehajtott infravörös mérésekből azt találták, hogy 70 km magasság környékén a HCl egyenletesen eloszlott az egész Vénusz-légkörben.

Vízgőz

A vízgőz fontos nyomgáz az alsólégkörben, fontos üvegházgáz is, és az SO_2 -vel kénsavat alkot. A Venyera-mérések 50 km-en 200 ppm-et, a felszínen 20 ppm-et adtak. 10–20 km-en a minimális mennyiség 30 ppm volt. A mostani mérések szerint a legnagyobb a H_2O előfordulási gyakorisága 47 km-en a felhőbázis alatt, efelett lecsökken a mennyisége. A felsőlégkörben a H_2O keveredési aránya csak 1–4 ppm, és nagyon változó.

Az oxigén a felsőlégkörben

A molekuláris oxigént az éjszakai oldalon mérték. Az emisszió 95 és 110 km magasságról érkezett, a csúcsa 96 km-nél volt. Ez megfelel annak a feltételezett mechanizmusnak, hogy a nappali oldalon bontott oxigént a szubszoláris-antiszoláris áramlás szállítja át az éjszakai oldalra, ahol újra molekulává áll össze.

A kén-dioxid-mérések modellezésénél 80° szélesség felett olyan eltéréseket találtak, amit a felhők felett található O_3 gáz abszorbeáló hatásával lehetne megmagyarázni. Érdekes lenne, ha az ózon léte beigazolódna.

Vízvesztés a Vénuszon

A D/H mérés a szökési mechanizmusokra mutat rá. A felsőlégkörben nemcsak a H_2O -ban, hanem a DHO tartalomban is nagy változékonyságot találtak. Mérték a mezoszférában is az eloszlásokat, és a $\text{HDO}/\text{H}_2\text{O}$ arányban az alsólégkörinél 2,5-szer többnek adódott. Általános H_2O csökkenést tapasztaltak 80–90 km felett, amire nem találtak magyarázatot.

A korábbi mérésekből a D/H a földi érték 150-szerese, ez erős légkörvesztésre utal. A mostani mérések szerint a D/H 200-szorosa, de akár 300-szorosa is lehet a földinek. Ma a termális szökés ugyan kicsi, de a hidrogén el tud szökni, tehát ma is veszít vizet a Vénusz.

Az űrkutatás történetében először történt, hogy az elszökő ionok összetételét is mérték (ASPERA-4; Analyser of Space Plasmas and Energetic Atoms 4). Azt találták, hogy a H^+ után a fő elszökő ion az O^+ (a He^+ -nél is nagy fluxust mértek). Ez azt jelenti, hogy a víz szökik – miután felbomlott hidrogénre és oxigénre, és ionizálódott. A vízvesztés gyorsabb a Vénusznál, mint a Földnél, nem elsősorban azért, mert közelebb van a Naphoz, hanem mert a vízgőz a Vénusz meleg légkörében nem fagy ki, és nem hull vissza. Nincsenek ugyanis hideg helyek a bolygón, ahova le tudna csapódni a víz. Ennek egyrészt az az oka, hogy nincsenek szezonális változások, másrészt az, hogy a Nap hőjét a lassú forgás miatt a nagy szélességig felhatoló Hadley-cella gyorsan a magas szélességekre szállítja. A légkörben lévő H_2O így előbb-utóbb felszáll, ahol eléri az ultraibolya sugárzás, és bontja. A hidrogén – mint legkönnyebb elem – felkerül a legfelső rétegbe, a hidrogénkoronába, és ionizálódva a napszél magával ragadja, mert a földivel ellentétben a Vénusz-légkör nem élvezheti a belső eredetű mágneses tér védő hatását. A Földön ellenben a hidegcsapda miatt még az ózonréteg magassága alatt ki-fagy a vízgőz, mielőtt az ultraibolya sugárzás elérné, és el tudná bontani.

Villámok a Vénusz légkörében

Már a felszínre leszálló Venyera-szondák is regisztráltak elektromágneses kitöréseket, amelyeket villámoknak tulajdonítottak. Később sokat vitatkoztak rajta, hogy ezeket a zajokat valóban villámok válthatták-e ki. Most a Vénusz Express szonda megerősítette, hogy a Vénuszon valóban keletkeznek villámok. Magnetométere ugyanis a pólus környékén, 73° szélességen a pericentrum közelében járva a vonulások felében regisztrált whistler típusú elektromágneses hullámokat a bolygó hajnali és esti oldalán. Ilyeneket a Földön villámok váltanak ki. A mérések arra utalnak, hogy a Vénuszon a villámkeletkezés gyakorisága fele lehet a földinek, de elérheti akár a földi gyakoriságot is, ha figyelembe vesszük, hogy a Földön ilyen hajnali és esti helyi időkből van a legkevesebb whistler.

A Vénusz ionoszférája

A Nap erős ultraibolya sugárzása a fotoionizáción keresztül sűrű ionoszférát hoz létre a bolygó nappali oldalán. A Marshoz hasonlóan a Vénuszon az O és a CO₂ ionizálódik (míg a Földnél az O és az N₂, a Titanon meg az N₂). A Nap ultraibolya sugárzásának és a napszélnek a változása miatt állandóan és erősen változik a plazma struktúrája és összetétele. Ha az ionosferikus fotoelektronok energiáját elég jó felbontással sikerül majd mérni, akkor meg lehet pontosan mondani, hogy a nappali oldalról milyen forrásból származnak.

A pericentrum magasságáig in situ, az alatt rádióokkultációs mérésekkel lehet vizsgálni az ionoszférát. Eszerint az ionoszféra alja stabilan 120 km-en, az elektronsűrűség csúcsa pedig 140 km-en van $4 \times 10^5/\text{cm}^3$ körüli elektronsűrűséggel. A felső ionoszféra viszont nagyon változékony. Az elektron-hőmérséklet napról napra változott.

Mágneses mérések a Vénusz környezetében

A Venus Express magnetométere (MAG) 2006 nyarán 147 lökésfront-metszést regisztrált a terminátor környékén. Ezek alapján azt találták, hogy a 2006–2009 közötti méréssorozat idején, naptevékenységi minimumban 1600 km-rel közelebb volt a lökésfront (2,4 helyett most 2,14 Vénusz-sugár), mint a Pioneer Venus repülése idején 1979-ben, naptevékenységi maximum idején, de azért messzebb volt, mint a Venyera-9 és -10 repülése idején, 1975-ben. A legjobb közelítés ezekből a mérésekből a lökésfront távolságára a Nap felőli oldalon 1,32 Vénusz-sugár, vagyis 1900 km a felszín felett (a Földnél 10–15 földugár, vagyis 60 000–100 000 km).

A Vénusz ionoszférájának kölcsönhatása a napszéllel

A belső eredetű mágneses tér hiánya miatt a napszél közvetlenül a légkörrel hat kölcsön. Emiatt a Vénusznál a földitől eltérő eloszlásokat és energiákat lehet mérni mind az ionokra, mind az elektronokra, mind a nagyenergiájú semleges atomokra.

Ha saját mágneses tér nincs is, keletkezik azonban indukált tér, amely úgy viselkedik, mint egy akadály, és ezzel védi a légkört. A napszél nem jut be a légkörbe még naptevékenységi minimum idején sem. De hogy ez a leárnýékolás mennyire hatásos, az az eddigi mérésekből még nem világos. A 2010 utáni mérésekből talán többet lehet majd mondani, amikor közelebb (165 km-re) kerül a pericentrum a bolygóhoz.

A nappali oldalon a napszél mágneses tere feltorlódik, és az ionoszférába behatol, besodródik. A mágneses tér beburkolja a nappali oldal mentén a bolygót, és átkarolja az éjszakai oldalon is – egy közel teljes tóruszt

formálva („pszeudo-magnetoszféra”). Ez a görbült mágneses tér az éjszakai oldalon gyorsítani tudja a plazmát, ami a légkör legkülső rétegének – így elsősorban a hidrogén, vagyis a víz – vesztéséhez járul hozzá. A szökés a plazmalepelen (plasma sheet) keresztül történik, vagyis a plazmalepel ugyanúgy a szökést segíti elő, mint a Földnél a poláris tölcser, ahol poláris szélként távozik sok ion a földi légkörből.

Hogy milyen mélyen sodródnak be a napszél mágneses erővonalai az ionoszférába – vagyis, hogy mennyire mágnesezett lesz az ionoszféra –, az függ a napszél és az ionoszféra állapotától is. A Vénusz ionoszférájának emiatt kétféle állapota van, naptevékenységi minimumkor sokkal gyakrabban mágnesesződik, mint naptevékenységi maximumkor – azért, mert minimum idején az ionoszféra kevésbé sűrű – a Nap gyengébb ultraibolya sugárzása miatt. Az ionoszféra különbözően mágnesezett állapota befolyásolja a vezetőképességet, az áramokat és az elektronok és ionok szökését.

További tervek a Vénusz-kutatásban

A japán JAXA a Venus Climate Orbitert (ami az Akatsuki, illetve a PLANET-C nevet is kapta) 2010. március 21-én bocsátotta fel. A szonda ultraibolyában és infravörösben működő 5 különböző kamerájának segítségével a Venus Express-szel közös kutatásként a meteorológiát és a szuperrotációt tanulmányozza majd a felhők és a nyomjelzők eloszlásának vizsgálatán keresztül. 2010. december 18-án ért a Vénuszhoz, de sajnos ekkor nem tudott Vénusz körüli pályára állni. (Amikor 2–3 év múlva legközelebb újra a Vénusz közelébe kerül, újra megpróbálják ezt a manővert – talán nagyobb sikerrel.)

Távolabbi tervek között a légkörben lebegő léggömb és egy páros leszálló egység (VME, Venus Mobile Explorer) is szerepel, amelyeknek legalább 5 óra hosszáig mérőképesnek kellene maradniuk a felszínen, hogy a tervezett felszínkémiai méréseket elvégezhessek. Az eddigi csúcstartó a felszínen az 1981. október 30-án leereszkedett Venyera-13, amely 127 percig maradt működésképes.

Befejezés

A Venus Express után a Vénusz légköre már kevésbé misztikus, jobban megfelel az elméleti modelleknek, tehát jobban értjük, mint ahogy az űrkutatás kezdetén láttuk. Azt nem mondhatjuk, hogy a Vénusz olyan, mint a Föld –

ahogy azt régen várták –, de esetleg kijelenthetjük, hogy közvetlenül a bolygóösszeállás után az ősi Vénusz valóban olyan lehetett, mint az ősi Föld.

Most már értjük, hogy a légkörük fejlődése azért lett ennyire különböző, mert a Vénusz elveszítette a vizét, a Föld meg nem. Emiatt a Földön a légkörben lévő szén-dioxid az óceánokban karbonátokba tudott kötődni, ami miatt a Föld megszabadult az óriási üvegházhatás rémétől, amitől a Vénusz nem tudott. Geofizikusok azt állítják, hogy annak is a víz hiánya az oka, hogy nem tud működni a Vénuszon a lemeztektonika. Hiányzik ugyanis egy olyan réteg, amelyen a kőzetlemezek el tudnak csúszni az alattuk lévő rétegen.

A Venus Express után tehát most már több kérdésre meg lehet adni a választ, mint korábban.

Ha azt kérdezzük: miért olyan sűrű a Vénusz légköre, és miért nincs rajta lemeztektonika? A válasz: mert nincs vize.

Ha azt kérdezzük: miért nincs a Vénuszon víz? A válasz: mert nincs mágneses tere.

Ha azt kérdezzük: miért nincs mágneses tere? A válasz: mert lassan forog.

Ha azt kérdezzük: miért forog olyan lassan? A válasz: mert ????

Ezért a válaszáért, azt hiszem, a bolygóösszeállás végső fázisához, a kései nagy bombázás időszakához kell ellátogatnunk. Ahogy mondják, az óriásüt-közéseknek – egy-egy furcsa-geometriájú ütközés révén – szerepük lehetett abban, hogy egyes bolygótesteknek nagyon extrém tulajdonságai lettek.

Összehasonlító planetológusként a 90-es évek óta foglalkoztat a kérdés, hogy forrópont-vulkanizmust sok helyen látunk a Földön kívül is, többek között a Vénuszon, de lemeztektonika miért csak a Földön van? Miért csak a Földnek van kétféle kérge? Hiszen a Vénusz akkora, mint a Föld. Milyen különleges tulajdonsága van a Földnek a többi bolygóhoz képest, amely miatt ilyen különleges a helyzete? Én két ilyen lényeges okot látok: a nagy tömegű Holdat és az erős mágneses tér létét.

Ha nagyon egyszerű lenne a lemeztektonika beindulása egy bolygón, – mint ahogy a geodinamika keretein belül a lemeztektonikát illetően már mindent nagyon szépen meg tud magyarázni a földtudomány – akkor más bolygón is látnunk kellene a lemeztektonika nyomait, legfőképp a Vénuszon. Ha pedig ez nincs így, akkor mégis csak valamilyen különleges esemény kell, hogy beindítsa azt. Az elmúlt néhány hónapban a Földdel kapcsolatban egy sor cikk került a kezembe, amelyek bizonyítják, hogy más kutatókban is megfogalmazódott e kétely. A cikkek szerzői azt állítják, hogy a lemeztektonika beindulásához az szükséges, hogy valami összetörje a kőzetburkot, ezt pedig szerintük belső erő nem tudja megtenni. Egy óriási becsapódás energiája viszont elégséges a kőzetburok széttöréséhez.

A jelenleg már elég általánosan elfogadott kései nagy bombázás koncepció szerint a bolygóösszeállítás vége felé minden bolygó elszenvedett egy vagy több ilyen óriási becsapódást. A becsapódások folyamatában pedig a véletlennek óriási szerepe volt. A Vénusz véletlenül „úgy” kaphatta a nagy ütközést, a Föld meg véletlenül „így”. A Vénusznál a becsapódó test a forgásiránnyal ellentétes irányból érkezhetett, energiája a bolygó forgásirányának a megváltoztatására fordítódott, de arra már nem volt elegendő, hogy fel is gyorsítsa ebbe az irányba, és ezért nincs a Vénusznak mágneses tere. A Föld a forgásirányban kaphatta az ütést, ami felpörgette, és ez magyarázhatja az erős mágneses terét. Lehetséges, hogy ez az ütközési esemény nemcsak Holdunk létét, de még további, eddig nem érthető különbségeket is meg tud majd magyarázni: például azt, hogy a primordiális kéreg egy részének (Föld?, Vénusz?) vagy egészének (Merkúr?) lefröccsentése után milyen lesz a bolygótest működése.

Irodalom

- Angsmann, A. et al: *Planetary and Space Science* 59, 327 (2011)
Aittola, M. et al.: *Icarus* 205, 356 (2010)
Bailey, J.: *Icarus* 201, 444 (2009)
Binder, B., Keppler, H.: *Earth and Planetary Science Letters* 301, 190 (2011)
Ge, Y. S., Russell, C. T., Khurana, K. K.: *Planetary and Space Science* 58, 1578 (2010)
Hunten, D. H. et al. (eds.): *Venus*. The University of Arizona Press, Tucson (1983)
Illés Erzsébet és Almár Iván: *Magyar Tudomány* 2009/3, 311 (2009)
Iwagami, N. et al.: *Icarus* 207, 558 (2010)
Luz, D. et al.: *Science* 332, 577 (2011)
Marq, E. et al.: *Icarus* 211, 58 (2011)
Romeo, I., Turcotte, D. L.: *Icarus* 203, 13 (2009)
Rosing, M. T.: *Nature* 456, 456 (2008)
Tsang, C. C. C. et al.: *Icarus* 201, 432 (2009)
Sandor, B. J. et al.: *Icarus* 208, 539 (2010)
Smrekar, S. E. et al.: *Science* 328, 605 (2010)
Steinberger, B. et al.: *Icarus* 207, 564 (2010)
Yamamoto, M.: *Icarus* 211, 993 (2011)
Venus Express special issue, *Nature* 450, (2007)
Wilson, C. F. et al.: *Icarus* 201, 814 (2009)

KOVÁCS JÓZSEF

Válogatás az asztrofizika új eredményeiből

Manapság a csillagászat legújabb eredményeinek követését egyre több (elektronikus) forrás segíti, nemcsak a szakemberek, de a csillagászzal nem hivatásszerűen foglalkozók számára is. Ez azonban nem jelenti egyben az eligazodás könnyebbségét is, ugyanis sok más területhez hasonlóan itt is rendkívüli mértékben megnőtt a ránk zúduló információ mennyisége, amelynek rendszeres követése egyre nehezebb. Ez a megállapítás természetesen igaz a legérdekesebbek kiválogatására is, amit a csillagászati évkönyv esetében még a terjedelmi korlátok is bonyolítanak. A most következő hírcsokor tehát egyértelműen szubjektív válogatás, a szemlélő által érdekesnek gondolt újdonságokat tartalmaz – nem érintve a klasszikus változócsillagászat és az exobolygók területét –, három téma köré csoportosítva. Az elsőbe olyan hírek kerültek, amelyek a galaxisok centrumaiban található szupernagy tömegű fekete lyukak aktivitásáról, pontosabban inaktivitásáról szólnak. A második hírei összeolvadó fehér törpékről tudósítanak, mivel egyre inkább úgy tűnik, hogy az Ia típusú szupernóva-robbanások legalább egy részének ilyen folyamatok az okozói. Végül a harmadik csoportba néhány, korábbi tudásunkhoz képest valamilyen szinten váratlan, meglepő eseményt taglaló hír került, de a kompakt objektumok, robbanások itt is fontos szerepet játszanak.

Éhező szupernagy tömegű fekete lyukak

Sgr A*

Már régóta ismert, hogy a Tejútrendszer középpontjában helyet foglaló szupernagy tömegű fekete lyuk, a Sagittarius A* (röviden Sgr A*) különösen „keveset fogyaszt”, és emiatt aktivitása is csekély más, hasonló objektumokkal összehasonlítva. A központi fekete lyuk „normál működéséhez” szükséges üzemanyag a közelében található sok tucatnyi

fiatal, nagy tömegű csillag által kifújtt csillagszélből származik. Ezek a csillagok viszonylagos közelségük ellenére azonban mégis elég messze vannak ahhoz, hogy abban a távolságban a fekete lyuk gyengébb gravitációja már ne tudja kellő hatékonysággal befogni és elnyelni nagy sebességű csillagszélük anyagát. Korábban azt gondolták, hogy az Sgr A* ennek az anyagnak mindössze 1 százalékát képes csak elcsípni. A Chandra röntgenműhold közel tíz évet átfogó észleléssorozatán (1. ábra, lásd a színes melléklet VI. oldalán) alapuló modell szerint azonban még ez a csekély mérték is erősen túlzó, valójában a korábban becsült 1%-nak is csak az 1%-áról van szó, azaz a központi fekete lyuk a körülötte található csillagok által kibocsátott anyagnak mindössze tízezred részét tudja csak befogni és elnyelni.

A modellben két tartományt különítenek el a fekete lyuk körül: a belső közel van az úgynevezett eseményhorizonthoz, amelyen belülről már a fény sem tud kiszökni, a külső pedig ennél milliószor nagyobb méretű, és magában foglalja az üzemanyag-ellátásról gondoskodó fiatal csillagokat. Az elgondolás szerint a belső, forró terület részecskéi közötti ütközések következtében egy kifelé irányuló energiaáramlás lép fel, amely fűti a külső, hidegebb régió részecskéit. A hőáramlás miatti, szintén kifelé mutató plusz nyomásgradiens pedig a külső tartományban található szinte összes gázt elfújja a fekete lyuk közeléből, azaz megfosztja azt anyagutánpótlásának túlnyomó részétől. A Roman Shcherbakov (Harvard University) és munkatársai által kidolgozott modell jól magyarázza a röntgenképeken az Sgr A* körül megfigyelhető forró gáz eloszlását, alakját, illetve a más hullámhosszakon azonosítható egyéb alakzatokat, jelenségeket is.

M31*

Szintén a Chandra mérései szerint egy kisebb aktivitási eseménytől eltekintve az M31 centrumában található óriási fekete lyuk is sokkal gyengébben sugároz a röntgentartományban, mint ahogyan az várható lenne. A műhold HRC (High Resolution Camera) műszerével 23 felvételt rögzítettek 2006 januárja előtt az M31 középpontjának környezetéről, majd később még 17 felvételt ugyanerről a területről. A 2006 előtti képeken egyértelműen három röntgenforrás azonosítható, a 2006 utáni képeken azonban megjelenik egy negyedik, halványabb forrás is, az M31*, ami nem más, mint az Andromeda-köd centrumában lévő szupernagy tömegű fekete lyuk, pontosabban a fekete lyuk közvetlen környezetének sugárzása.

A Chandra által az elmúlt tíz év során elvégzett észlelések részletes analízise azt mutatja, hogy 1999-től 2006 elejéig az M31* nagyon halvány volt, 2006. január 6-án azonban az addigi mintegy százszorosára emelke-

dett a röntgenintenzitása, ami egyértelműen egy kitörésre utal (2. *ábra*, lásd a színes melléklet VI. oldalán). Ez volt az első alkalom, hogy egy közeli galaxis centrumában helyet foglaló szupernagy tömegű fekete lyuk esetében ilyen jelenséget detektáltak. A kitörés után az M31* újra halványabb állapotba került, röntgenfényessége a 2006 előttinek körülbelül tízedére csökkent. Ez pedig azt jelzi, hogy a kitörést okozó nagyobb anyagbeáramlási ütemű periódust egy kisebb, de még mindig viszonylag magas beáramlási rátájú időszak követte. Az Sgr A*-hoz hasonlóan tehát az M31* is meglepően csendes, valójában néhány tízezerszer halványabb a röntgentartományban, mint amilyen a körülötte lévő és a táplálását szolgáló anyag becsült mennyisége alapján várható lenne. Ezen tulajdonságával a központi fekete lyukak körül kialakuló anyagbeáramlási folyamatok által hajtott röntgenobjektumok közül e kettő a leghalványabb, így kitűnő lehetőséget nyújtanak a gyenge akkréciós források tanulmányozására.

IC 2497

Kicsit messzebbre tekintve is találhatunk inaktívvá váló központi fekete lyukakat. A legújabb vizsgálatok szerint az IC 2497 jelzésű galaxis közelében néhány évvel ezelőtt felfedezett furcsa zöld objektum, a Hanny's Voorwerp tulajdonképpen a hozzánk legközelebbi kvazár „utolsó leheletének” lenyomata. A felfedezőjéről „Hanny objektuma” elnevezést kapott furcsa zöld képződményt egy holland tanárno találta a Galaxy Zoo projekt keretében, melynek célja, hogy jó szemű amatőrök segítségével gyorsítsa fel milliónyi galaxis osztályba sorolásának hosszadalmas és egyelőre még nem teljes mértékben automatizálható munkáját. A meglepő alakú objektumról aztán kiderült, hogy egy olyan gázfelhő, amelyet a tőle mintegy 70 ezer fényévre lévő IC 2497 katalógusjelű galaxis centrumában helyet foglaló kvazár sugárzása gerjeszt. Hanny van Arkel objektuma tehát nem más, mint a szóban forgó kvazár visszfénye (light echo). A galaxis és a gázfelhő becsült távolsága alapján 70 ezer évvel ezelőtt a kvazár még ereje teljében volt, azaz volt akkora luminozitása, hogy sugárzása fénylésre kényszerítse az adott távolságban lévő gázfelhőt.

Kevin Schawinski (Yale University) és munkatársai 2009 és 2010 áprilisában a Suzaku és az XMM-Newton röntgenteleszkópokkal vizsgálták a kvazár sugárzását, és azt találták, hogy jelenleg az legalább két, de valószínűleg inkább négy nagyságrenddel gyengébb, mint 70 ezer évvel ezelőtt. Ez viszont azt jelenti, hogy a kvazár – a környezetéből anyagot elnyelő szupernagy tömegű fekete lyuk – valamikor az elmúlt 70 ezer év során „leállt”, így Hanny objektuma tulajdonképpen az aktív életének végső, jól látható lenyomata (3. *ábra*, lásd a színes melléklet VII. oldalán).

A közeljövőben, miután a kvazár nagy intenzitású sugárzásának utolsó fotonjai is eléri, a zöld gázfelhő valószínűleg el is fog tűnni.

A legközelebbi kvazár ilyen gyors elhalványulása azért érdekes, mert eddig azt gondolták, hogy ennek a folyamatnak az időskálája sokkal hosszabb, több millió év is eltelik a csúcshintenzitás elérése és a kvazár halála, azaz sugárzásának jelentős csökkenése között. Hanny objektuma azonban felhívta a figyelmet arra, hogy valószínűleg nem ez a helyzet, és az esete alapján talán a galaxisok és a központi fekete lyukak együttes fejlődéséről alkotott képünket is módosítani kell. A röntgenintenzitás ilyen drasztikus és gyors csökkenését a fekete lyukba hulló anyag mennyiségének jelentős csökkenése – az üzemanyag elfogyása –, vagy az akkréciós állapotban beállt változás okozhatta, amelyet a tömegbefogási korong instabilitásai indukálhatnak, hasonlóan a galaktikus röntgenkettősökhöz. Elképzelhető, hogy a szupernagy tömegű fekete lyukak a röntgenkettősök ugyanolyan akkréciós fizika szerint működő nagy testvérei, és az IC 2497 esetében megfigyelt gyors intenzitáscsökkenés az akkréciós állapot röntgenkettősök esetében rutinszerűen megfigyelt változásának a megfelelője.

Az analógia jogosságát alátámaszthatja a következő egyszerű számítás: A körülbelül 10 naptömegnyi röntgenkettősök esetében a változás időskálája 1 óra. Ha ezt lineárisan felskálázzuk az IC 2497 központi fekete lyukának körülbelül 1 milliárd naptömege alapján, akkor 10 ezer év körüli értéket kapunk. Pontosabb, több paramétert figyelembe vevő számítások is éppen ezt a 10–100 ezer éves skálát adják ki. Gond azonban az, hogy a négy nagyságrendet felölelő intenzitáscsökkenés megkérdőjelezheti a direkt analógia jogosságát. A röntgenkettősök ekkora csökkenést ugyanis csak akkor mutatnak, amikor egy kitörés után a nyugalmi állapotba térnek vissza. Ennek karakterisztikus ideje 1 nap, amiből az előbb használt tömegértékekkel skálázva az IC 2497 esetében 280 ezer év adódna, ez viszont már szignifikánsan hosszabb annál, mint amit látunk. Ennek ellenére az akkréciós állapotban bekövetkező változás továbbra is egy lehetséges magyarázat, ha a paramétereket a fekete lyuk tömegével nem lineárisan növeljük. Nem elképzelhetetlen azonban a „feltámadás”, a most tapasztalt folyamat fordítottja sem, tehát az, hogy a jövőben hasonló időskálán az akkréció esetleg visszatér majd egy magasabb luminozitást eredményező állapotba. Mivel az IC 2497 közel van hozzánk és a kvazár csillagászati időskálaikon mérve gyakorlatilag most állt le, a galaxis jól tanulmányozható a kvazártól nem zavart állapotában, például vizsgálhatók annak nyomai, hogy a kvazár aktív fázisában milyen hatást gyakorolt kozmikus környezetére.

Milyen gyakran aktívak a szupernagy tömegű fekete lyukak?

Szintén a Chandra röntgenműhellyel végzett felmérés eredményeként megbecsülték, hogy az elmúlt néhány milliárd évben milyen gyakorisággal aktivizálódtak a központi fekete lyukak az Univerzum közeli tartományainak galaxisaiban. A ChaMP (Chandra Multiwavelength Project) keretében az égboltnak egy 30 négyzetfokos – a Chandra történetében ez eddig a legnagyobb – területét fésülték át, és a röntgenadatok, illetve az SDSS (Sloan Digital Sky Survey) optikai felmérésből származó felvételek alapján mintegy 100 ezer galaxist vizsgáltak a központi fekete lyuk aktivitásának jelei után kutatva. A centrumokban lévő millió-milliárd naptömegnyi fekete lyukak kisebb-nagyobb intenzitással, de állandóan anyagot nyelnek el a környező csillagközi térből. Mielőtt ez az anyag a fekete lyukba hullik, és végleg eltűnik, sok millió fokra melegszik, ezért erős röntgensugárzást bocsát ki, ennek intenzitása alapján azonosíthatók az aktív fekete lyukak.

A Daryl Haggard (University of Washington) által vezetett felmérés eredményeként a kutatók azt találták, hogy az 1,6 milliárd fényéven belüli – ez az a távolság, ameddig a csillagvárosokat a Tejútrendszerrel össze tudták hasonlítani – mezőgalaxisok (azaz nem halmazban található galaxisok) centrumaiban helyet foglaló szupernagy tömegű fekete lyukaknak csak mintegy egy százaléka van a legaktívabb fázisban, ugyanis a vizsgált objektumok közül körülbelül 1600 volt fényes a röntgentartományban. Legvalószínűbb az, hogy a legnagyobb tömegű galaxisok tartalmazzák a legaktívabb magokat, illetve azt is megerősítették, hogy az aktív magú galaxisok (AGN-ek) aránya fokozatosan csökken a kozmikus időskálán. Megállapították továbbá, hogy a mezőgalaxisok esetében az aktívak aránya nem tér el a galaxishalmazokbeli megfelelő aránytól.

Irodalom

Haggard, D. et al.: *Astrophys. J.* 723, 1447 (2010)

Li, Zh. et al.: *Astrophys. J.* 728, L10 (2011)

Schawinski, K. et al.: *Astrophys. J.* 724, L30 (2011)

Shcherbakov, R. et al.: *Bull. American Astron. Soc.* 42, 308 (2010)

ÖSSZEOLVADÓ FEHÉR TÖRPÉK

Az Ia szupernóvák eredete

Az Ia típusú szupernóva-robbanások kozmológiai szempontból óriási fontosságúak, mivel nagy luminozitásuk miatt egyrészt hatalmas távolságokban – praktikusan a ma belátható szinte teljes Univerzumban – is jól megfigyelhetők, másrészt maximális abszolút fényességük gyakorlatilag megegyezik, ezért a kozmikus távolságskálának fontos lépcsőfokát képezik. Ezen tulajdonságuk miatt szokás ezeket a szupernóvákat standard gyertyáknak is nevezni. Körülbelül egy évtizeddel ezelőtt éppen az Ia típusú szupernóva-robbanások megfigyelési adataiból szűrték le azt a következtetést, hogy a Világegyetem az addig gondolttal ellentétben gyorsulva tágul,¹ ami aztán az úgynevezett sötét energia hipotéziséhez vezetett. Emellett a gazdagalaxisaik fejlődésében is fontos szerepet töltenek be, hiszen a robbanáskor energiát és nehézelemeket pumpálnak a környező, új csillaggenerációkat létrehozó intersztelláris anyagba. A modern kozmológiában és asztrofizikában játszott meghatározó szerepük ellenére máig nem tisztázott pontosan, hogy milyen mechanizmus is vezet el a végső kataklizmájukhoz.

A csillagászok eddig két elképzelést vázoltak fel. Az első alapján a végül robbanást elszenvedő csillag egy kettős rendszerben keringő fehér törpe, ami a kísérőcsillagától folyamatosan anyagot szív el. Ha az akkréció eredményeként a tömege eléri egy kritikus értéket, az úgynevezett Chandrasekhar-határt, akkor bekövetkezik a nukleáris megszaladás és a robbanás. A másik elképzelés szerint a szupernóva-robbanás két, szintén kettős rendszerben elfejlődött fehér törpe összeolvadásának következménye. A két forгатókönyv észlelési szempontból teljesen más megközelítést igényel. Az összeolvadás előtt egymás felé spirálozó fehér törpék rendszere intenzív gravitációshullám-forrás lehet, de nem várható tőle jelentős elektromágneses sugárzás, ezért detektálása még a legmodernebb, legnagyobb teleszkópokkal is nagyon nehéz, így mindössze néhány olyat ismerünk csak, amelyben a tulajdonságaik alapján egyáltalán bekövetkezhet a robbanás. Ezzel szemben a kísérőjüktől származó anyagot beszippantó és a felszínükön hidrogént égető fehér törpék körülbelül 1 millió fokos hőmérsékletnek megfelelő, jól megfigyelhető röntgensugárzást bocsátanak ki (4. ábra, lásd a színes melléklet VII. oldalán).

¹ Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt és Adam G. Riess az irányú kutatásaikért és eredményeikért fizikai Nobel-díjban részesültek 2011-ben.

A csillagfejlődési modellek szerint a fehér törpék legtöbbszörének tömege a Napénak mintegy 0,6-szerese. Előfordulhatnak ugyan néha ennél nagyobb tömegűek is, de az Ia típusú robbanást elszenvedő szén-oxigén fehér törpék tömege valószínűleg nem haladhatja meg a körülbelül 1,2 naptömeget. A nukleáris robbanás ugyanakkor az 1,4 naptömeges Chandrasekhar-határ elérésekor következik be, azaz a fehér törpének legalább 0,2 naptömegnyi anyagot kell összegyűjtenie az akkréció során. A hidrogénben gazdag átáramló anyagban aztán a megfelelő tömeg elérésekor a fehér törpe felszínén beindul a hidrogén-hélium fúzió. Az ennek eredményeként felszabaduló energia következtében a fehér törpe tízezerszer is fényesebb lehet, mint a Nap, bár az energiaprodukciónak nagy része a röntgentartományba esik.

Ha tehát az Ia típusú szupernóva-robbanások ilyen tömegátadási folyamatok következményei, akkor – egy tipikus galaxisban az 50–100 évenként bekövetkező szupernóva-robbanások alapján sok ezer ilyen objektumot feltételezve – a kettősök még az anyagátáramlási fázisban kibocsátott röntgensugárzásuk okán egy röntgenfátyollal járulnak hozzá a galaxis teljes sugárzásához. Marat Gilfanov és Bogdán Ákos, a Max Planck Institut für Astrophysik munkatársai a Chandra röntgenműhold mérései alapján annak jártak utána, hogy az akkréciós modell alapján előre jelzethez képest milyen röntgenfátyolt lehet mérni közeli elliptikus galaxisok és az Andromeda-köd centrális vidékének esetében. Az előrejelzések ellenőrzésekor felhasználták még a Spitzer-űrteleszkóp és a 2MASS felmérés adatait is, ezek alapján lehetett becsülni a szupernóva-keletkezési rátát a vizsgált galaxisokban.

Gilfanov és Bogdán azt találták, hogy mindegyik vizsgált galaxisban az előre jelzett röntgenluminozitás 30–50-szeresen haladja meg a mért értékeket, azaz ha mindegyik Ia típusú szupernóva akkréciós folyamat eredményeként robbanna, a galaxisoknak 50-szer fényesebbeknek kellene lenni a röntgentartományban, mint amit észlelhetünk. Tehát ez az elképzelés nem egyeztethető össze a Chandra-mérésekkel, az Ia típusú robbanásoknak csak nagyon kicsi része, mindössze néhány százaléka lehet ilyen folyamat végállomása. Elképzelhető lenne még ennek a modellnek egy módosított változata, melyben a robbanás bekövetkeztéhez nem kell elérni a Chandrasekhar-határt, s ekkor a várható összes röntgenluminozitás is kisebb, a Chandra-mérésekhez sokkal jobban illeszkedő lesz. Az úgynevezett szub-Chandrasekhar-modellekkel operáló szimulációk azonban azt mutatják, hogy az így robbantott szupernóvák paraméterei nem egyeznek a valódi robbanások észlelt tulajdonságaival. Egyedüli lehetséges magyarázatként tehát az összeolvadási modell maradt, azaz az idős csillagpopulációt tartalmazó galaxisokban az Ia típusú szupernóva-robbanások fehér

törpék összeolvadásának eredményeként következnek be. Ez a konklúzió azonban jelentős hatással lehet az objektumok távolságmeghatározásban betöltött szerepére is, mivel az összeolvadási folyamatokban részt vevő komponensek tömegei mutathatnak olyan szórást, amely hatással van a robbanás lefolyására, s így a maximális abszolút fényesség szórására, ellentétben az akkréciós modellel, ahol a nukleáris robbanás mindig adott tömegértéknél következik be, sokkal homogénebb lefolyást, ezáltal a maximális abszolút fényességekben sokkal kisebb szórást eredményezve. Mivel a vizsgálatok elliptikus galaxisokra irányultak, felvetődik a kérdés, hogy a fiatalabb csillagpopulációt tartalmazó spirálgalaxisok esetében melyik folyamat lehet a domináns. Ma erre még nem tudunk válaszolni, a kérdés eldöntéséhez a spirális galaxisok további vizsgálata szükséges.

Az összeolvadásos modell melletti érv lehet az is, hogy az elmúlt években több Ia típusú szupernóva (például SN 2003fg, SN 2006gz, SN 2007if, SN 2009dc) maximumfényessége nagyobbnak bizonyult, mint azt a tömegátadási elmélet alapján várni lehetett. Ráadásul az NSF (Nearby Supernova Factory) projekt amerikai és francia kutatói azt is kimutatták, hogy az SN 2007if esetében a robbanást elszenvedő objektum körülbelül 2,1 naptömegű volt, azaz jóval meghaladta a Chandrasekhar-határt. A tömegbecslést egyrészt a szupernóva-maradványban detektált, a robbanás során a fehér törpében található oxigénből és szénből keletkezett 56-os tömegszámú nikkelizotóp mennyisége, másrészt az ebben a folyamatban részt nem vevő maradék oxigén és szén szokatlanul magas, mintegy fél naptömegnyi mennyisége alapján adták. Az SN 2007if abszolút fényessége egyébként $-20,39$ magnitúdó volt, ami 1,2 magnitúdóval haladta meg egy tipikus Ia típusú robbanás maximális fényességét.

Bár rendkívül gyors tengelyforgás esetén a tömegbefogó fehér törpe elméletileg elérheti a 2,4 naptömeget is, az SN 2007if-et vizsgáló csoport vezetője, Richard Scalzo (Yale University) mégis amellet érvel, hogy ezek a „szuper-Chandrasekhar” szupernóvák valójában két fehér törpe összeolvadásának az eredményei, természetesen hangsúlyozva, hogy az SN 2007if esetéből nem lehet általánosítani. Ehhez ugyanis többek között arra lenne szükség, hogy egyértelműen meg tudjuk mondani, milyen (észlelhető) jelek utalnak az összeolvadási és milyenek az egy fehér törpe robbanásával járó folyamatra, ebben viszont segíthetnek az általuk megfigyelték. Az összeolvadás eredményeként bekövetkező robbanást jelző, az SN 2007if esetében is megfigyelt jelenség lehet például a szén/oxigén burok alakja. Amint ugyanis a két fehér törpe eléggé megközelíti egymást, a nagyobbik gravitációs hatása elkezd szétzaggatni a kisebbiket, melynek anyagából egy burok alakul ki körülötte. A robbanás bekövetkeztekor

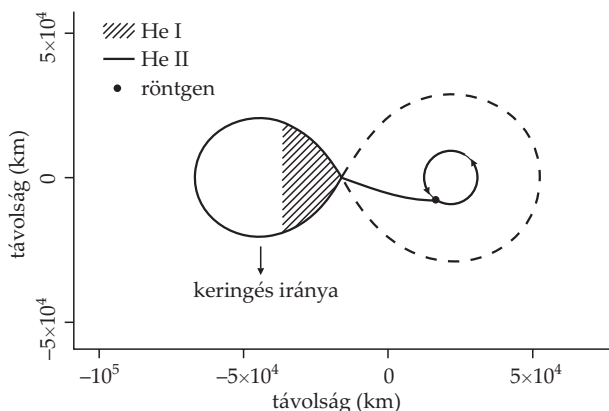
induló lökéshullám hatására ebben a burokban egy sűrű héj keletkezik. Tulajdonképpen ez a héj figyelhető meg, s létezéséből lehet következtetni a burok jelenlétére is. Mivel a héjjal ellentétben magának a buroknak a sűrűsége kicsi, nem lesz elég magas a nyomás ahhoz, hogy az oxigénből és a szénből 56-os nikkel jöjjön létre benne, ami magyarázhatja a maradék oxigén és szén magas arányát.

Az SN 2007if és más Ia típusú szupernóva-robbanások esettanulmányai, illetve a még csak előre jelzett hasonló események (lásd HM Cnc) segíthetnek eldönteni, hogy valóban az összeolvadási folyamat-e az Ia típusú robbanások fő oka. Ha sikerül kidolgozni a megkülönböztetésükre szolgáló észlelési paraméterek rendszerét is (például különleges spektroszkópiai jellemzők), akkor a „klasszikus” Ia típusú robbanások standard gyertyaként természetesen továbbra is használhatók lesznek.

HM Cancri – Szédítő törpekeringő

Jelenleg két olyan szoros, kölcsönható kettős rendszer ismert, melynek (vélelmezett) keringési periódusa 10 percnél rövidebb: a V407 Vul (RX J1914.4+2456) 9,5 perccel, valamint a HM Cnc (RX J0806.3+1527) 5,4 perccel. Ha a röntgen- és az optikai tartományban detektált rövid időskálájú periodikus változásokat valóban a keringés okozza, akkor a HM Cnc két fehér törpéből kell, hogy álljon, melyek a gravitációs hullámok általi folyamatos energiavesztés miatt egyre közelebb kerülnek egymáshoz, miközben a komponensek között valószínűleg stabil anyagátadási folyamat is zajlik. Extrém és egyedi volta miatt a HM Cnc vizsgálatával sokan foglalkoztak már, de a természetét illetően sok kérdés vár még válaszra. Ezek közül is a legfontosabb a rövid időskálájú változások keringési periódusnak történő megfeleltetése, illetve a rendszert alkotó két csillag pontos fizikai természete, valamint a közöttük lezajló kölcsönhatások mértéke.

Gijs Roelofs (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics) és munkatársai a Keck I teleszkópot és annak LRIS (Low-Resolution Imaging Spectrograph) műszerét használták, hogy a HM Cnc esetében kinematikai bizonyítékokat szerezzenek a lehetséges elméleti modell(ek)re. A spektrumokat az ionizált hélium emissziós vonalai uralják, melyek féltértékszélessége körülbelül 2500 km/s, azaz a 300 km/s felbontású színeképeken jól tanulmányozhatók. A mérési adatokban neutrális héliumvonalak is azonosíthatók, de azok jóval gyengébbek, s vannak hidrogén jelenlétére utaló nyomok is. A megfigyelt nitrogénvonalak pedig azt jelzik, hogy a HM



5. ábra. A HM Cnc modellje, bal oldalon a tömeget átadó csillaggal. A röntgensugárzás onnan származik, ahol az anyagáram a főkomponens felszínébe ütközik.

Cnc valószínűleg mégsem nitrogénszegény objektum, ahogyan azt korábban gondolták. A több száz rögzített spektrum segítségével Roelofs és kollégái a héliumvonalak radiális sebesség-változásai alapján pontosították a kettős periódusát – ennek új, a korábban például fotometriai mérésekből meghatározottól természetesen nem nagyon eltérő értéke $P = 321,53$ s –, illetve a periódus változási ütemét. Egészen 6 óráig elmenve próbaperiódusokkal vizsgálták azt is, hogy esetleg más, hosszabb időskálájú változások is kimutathatók-e a színképvonalakban, de ilyenek nyomát nem találták.

A spektroszkópiai adatokon alapuló eredmények a HM Cnc esetében végül is az „AM CVn” modellt támasztják alá, amelyben két fehér törpe kering egymás körül (5. ábra). A hélium ellentétes fázisban változó He I 4471 és He II 4686 vonalai, illetve feltételezett keletkezési helyük alapján a kettős két komponensének tömegarányát is meg tudták becsülni: $q = M_2/M_1 = 0,50 \pm 0,13$. Ahhoz azonban, hogy az általuk levezetett periódusváltozást magyarázni lehessen, az anyagot átadó donorcsillag tömegének a korábban feltételezettnél nagyobbnak, $M_2 = 0,27$ naptömeg körülnek kell lennie, amit az említett héliumvonalak segítségével végzett úgynevezett Doppler-tomográfia is megerősített. A tömegarány alapján ez egyben azt is jelenti, hogy a főkomponens tömege $M_1 \approx 0,55$ naptömeg. Ezek az értékek egyébként összhangban vannak a fejlődési modellek által a fehér törpékre jóslott tömegekkel. Ismeretükben a kettős pályasíkjának inklinációja megbecsülhető, ez $i \approx 38^\circ$.

A HM Cnc távolsága 5 kpc körüli, s bár ez az érték eléggé bizonytalan, a rendszer becsült paraméterei alapján Roelofs és kollégái meghatározták a kettős által generált gravitációs hullámoknak a Földön vagy bolygónk közelében észlelhető amplitúdóját is: $h \approx 10^{-22}$. Pontosabban, ez a dimenzió nélküli paraméter arról ad felvilágosítást, hogy a gravitációs hullámok milyen arányú torzulást okoznak a téridő szerkezetében annak adott pontján, az elektromágneses hullámok klasszikus amplitúdójával a h idő szerinti deriváltja kapcsolható össze. A h becsült értéke azt jelzi, hogy a gravitációs hullámok detektálására tervezett űrberendezések, például a LISA (Laser Interferometer Space Antenna) számára a HM Cnc az egyik legkönnyebben mérhető forrás lehet majd.

SDSS J010657.39-100003.3 – Újjászülető fehér törpék

Két fehér törpe összeolvadása nem feltétlenül jár szupernóva-robbanással, ahogyan azt a nemrégiben felfedezett SDSS J010657.39-100003.3 katalógusjelű kettős esete is mutatja. A nevezett, tőlünk 7800 fényévre a Cet csillagkép irányában található kettős két fehér törpéből áll. Az objektum halvány, fényessége mindössze 19,8 magnitúdó, az egyik komponensről nem is árulkodik más, csak a radiális sebességek görbéje. Látni csak a kísérőjét lehet – emiatt ez a rendszer főkomponense –, ennek tömege a számítások szerint a Napénak 17%-a, míg a láthatatlan másodkomponensé a Napénak 43%-a. Mindkét csillag fő alkotóeleme a hélium. A számítások szerint a komponensek szeparációja mindössze 220 ezer km körül van, ami jóval kisebb, mint a Föld–Hold távolság, keringési periódusuk pedig 39 perc, így pálya menti sebességük majdnem 1 millió km/h. Az arizonai 6,5 méteres MMT teleszkóppal végrehajtott spektroszkópai észlelések után a texasi egyetem McDonald Obszervatóriumának 2,1 méteres távcsövével végzett fotometriai mérések azt is jelezték, hogy a főkomponens alakja az árapályerők miatt ellipszoiddá torzult, így ez az első olyan fehér törpe kettős, melynél ezt a hatást megfigyelték.

A két fehér törpe végső sorsa nem lehet kétséges. Mivel ilyen kicsi a szeparációjuk, gravitációs hullámok formájában folyamatosan energiát veszítenek, azaz spirális pályán egyre közelebb kerülnek egymáshoz, ami a becslések szerint mintegy 37 millió év múlva az összeolvadásukhoz fog vezetni. A Tejútrendszer százmilliárdnyi csillagából mindössze néhány hasonló, fehér törpékből álló és majdan összeolvadó kettős ismert, a legtöbbjükét a mostani felfedezést is jegyző Mukremin Kilic (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics) és munkatársai azonosították, közülük

azonban az SDSS J010657.39-100003.3 az, amelyik először fog eljutni ebbe a helyzetbe. Ha két fehér törpe összeolvad, annak általában szupernóva-robbanás az eredménye, feltéve persze, ha az össztömeg meghaladja a Chandrasekhar-határt, a Nap tömegének 1,4-szeresét. Jelen esetben azonban erről nincs szó, mivel a becsült össztömeg ennek a felét sem éri el. Az elképzelések szerint így a két régeből egy valóban új csillag jöhet létre, amelynek magjában a hélium begyulladásával újra energiatermelő termonukleáris reakció folyhat majd.

Irodalom

Gilfanov, M., Bogdán, Á.: *Nature* 463, 924 (2010)

Kilic, M. et al.: *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* 413, L101 (2011)

Roelofs, G. H. A. et al.: *Astrophys. J.* 711, L138 (2010)

Scalzo, R.A. et al.: *Astrophys. J.* 713, 1073 (2010)

NÉHÁNY MEGLEPŐ FELFEDEZÉS

Váratlan gammakitörés egy nóvarobbanástól

Koichi Nishiyama és Fujio Kabashima japán amatőrcsillagászok egy 2010. március 10-én készült felvétel alapján vették észre, hogy a V407 Cygni mintegy tízszer fényesebb, mint egy néhány nappal korábban rögzített képen. Azonnal riadóztatták a csillagász közösséget, így felfedezésüket független észlelések is gyorsan megerősítették. A NASA a Fermi és a Swift űrteleszkópjait is a forrás felé irányította (6. ábra, lásd a színes melléklet VII. oldalán), közülük az első 15 napon keresztül monitorozta a nóvát. A Fermi egyik kutatója, Elizabeth Hays szerint a kitörés során körülbelül ezerszer annyi energia szabadult fel, mint amennyit a Nap egy év során kibocsát. Bár emberi léptékkal mérve ez is elképzelhetetlen, a Fermi által általában detektált eseményekhez viszonyítva nem túl nagy. A műholdat üzemeltető kutatók maguk is meglepődtek, hogy egyáltalán megütötte a műszerük „ingerküszöbét”.

A nóvák olyan kettős rendszerek, amelyek egyik komponense egy fehér törpe, amely folyamatosan anyagot szív el a kísérőjétől. Ha a fehér törpére áramló, hidrogénben gazdag anyag mennyisége meghalad egy bizonyos értéket, termonukleáris robbanás következik be, ami azonban általában nem végzetes se a fehér törpére, se a kettős rendszerre nézve, így az anyaggyűjtés újra indulhat, és újabb kitörés következhet be. Az

elképzelések szerint a robbanások nem elég nagyok ahhoz, hogy közben nagyenergiájú sugárzás is keletkezzen. A V407 Cygni rendszerében a fehér törpe kísérője egy a Napnál körülbelül 500-szor nagyobb vörös óriás. Változócsillagként már évtizedek óta ismert volt, ám hogy nóvaktörése is lehetséges, senki nem várta. Adam Hill (Joseph Fourier University, Grenoble) szerint a fehér törpén lezajlott termionukleáris robbanás következtében ionizált gáz és nagyenergiájú részecskék távoztak a kompakt objektumról, a Fermi által észlelt gammasugárzás pedig valószínűleg akkor keletkezett, amikor a mágneses tér által nagy sebességre felgyorsított részecskék utolérték a vörös óriásról korábban csillagszél formájában távozott anyagot, és gerjesztették azt. A sokkal nagyobb energiájú szupernóva-robbanások esetében a részecskék mágneses tér általi befogásának és felgyorsításának folyamata régóta ismert és elfogadott magyarázat, de Soebur Razzaque (Naval Research Laboratory) szerint eddig senki nem gondolta, hogy egy fehér törpe mágneses tere is elég erős lehet ehhez. Még meglepőbb, hogy míg egy szupernóva-maradvány esetében akár több ezer évre is szükség lehet ahhoz, hogy a robbanásban kidobott nagyenergiájú részecskék utolérjék a korábban csillagszél formájában kibocsátott anyagot, addig a V407 Cygni esetében ugyanez a folyamat néhány hét alatt, gyakorlatilag a kutatók szeme előtt zajlott le.

Szokatlanul nagy tömegű neutroncsillag

A neutroncsillagok nagy tömegű csillagok végállapotai, azok szupernóva-robbanása során az összeroskadó magból jönnek létre. Bár méretük mindössze városnyi, ebben a kicsiny térfogatban naptömegnyi anyag koncentráldik, így a neutroncsillagok a Világegyetem legsűrűbb objektumai (a fekete lyukakon kívül). A halálát jelentő kataklizma során a csillag magjában a hőmérséklet és a nyomás olyan magasra szökik, hogy az elektronok és a protonok neutronokká „préselődnek össze”, és az így keletkező objektum főként elfajult neutrongázból áll. Az elméletek szerint bizonyos (kiindulási) tömeghatárig a Pauli-elv megakadályozza a fekete lyukká történő végső összeroskadást, és a maradvány neutroncsillag formájában stabilizálódik, ami a szülőcsillagtól örökölt impulzusnyomaték és a kis méret miatt nagyon gyorsan forog. Az objektum a mágneses pólusai – amelyek általában nem esnek egybe a forgástengelyével – környékén gerjesztődő rádiósugárzás és a gyors pörgés miatt a rádiótartományban pulzárként detektálható. A belső szerkezetét, illetve azt, hogy milyen egzotikus részecskéket tartalmazhat, több modell is taglalja, de az extrém viszo-

nyok földi laboratóriumi körülmények között nem állíthatók elő, így ezen a módon az elméletek sem tesztelhetők. Ha azonban meg tudjuk határozni a neutroncsillag tömegét, akkor a belső felépítésére vonatkozóan is többet lehet mondani.

A háromezer fényévre lévő PSR J1614-2230 katalógusjelű pulzár esetében a Paul Demorest (NRAO) által vezetett csoportnak ez a Green Bank rádióteleszkópon működő GUPPI (Green Bank Ultimate Processing Instrument) műszer adatai alapján sikerült. A másodpercenként 317-et pördülő objektum érdekessége – részben ez tette lehetővé magát a tömegmeghatározást is –, hogy egy kettős rendszer tagja, a kísérője egy 9 napos keringési periódusú fehér törpe, amelynek pályasíkja éppen a látóirányunkba esik. Külön szerencse, hogy a pulzár rádiónyalábjai szintén ebben a síkban vannak, ez pedig azt jelenti, hogy a rádióhullámok nagyon közel haladnak el a fehér törpéhez, amikor az a neutroncsillag és köztünk van. Ez azért lényeges, mert emiatt a rádióhullámokban kimutatható az úgynevezett Shapiro-effektus (Irwin Shapiro, 1964): a fehér törpe gravitációs terében a rádióhullámok késleltetést szenvednek, így a földi berendezések kicsit később veszik a pulzusokat ahhoz képest, mint amikor a fehér törpe a keringési pályáján a látóvonalától messzebb van (7. ábra, lásd a színes melléklet VIII. oldalán). A késleltetés mértéke függ a fehér törpe tömegétől, így az a mérésekből meghatározható, ismeretében pedig a kettős másik tagjának, a neutroncsillagnak a tömege is származtatható. Demorest és munkatársai erre $1,97 \pm 0,04$ naptömeget kaptak, amivel a PSR J1614-2230 az eddig ismert legnagyobb tömegű neutroncsillag.

A meglepően nagy tömeg alapján a belső szerkezet és a fizikai viszonyok leírását célzó elméleti modellek jóslatai közül néhányat ki lehet zárni, meg lehet mondani, hogy milyen elemi részecskék nem fordulhatnak elő a neutroncsillag belsejében. Nem lehetnek benne például hiperonok, azaz olyan barionok (nehéz részecskék), melyekben nincs (charm, bájos) c-kvark és (down, le) d-kvark, csak (strange, furcsa) s-kvarkokból állnak. De ugyanúgy nem lehetnek a belsejében úgynevezett kaonok (s-kvark + u- vagy d-antikvark, s-antikvark + u- vagy d-kvark) sem. Bár a neutroncsillagokban uralkodó extrém viszonyok fizikája pontosan még nem ismert, Feryal Özel (University of Arizona) szerint az új eredmény segíthet a kép tisztázásában. Ha vannak is kvarkok egy neutroncsillag magjában, azok a nagy tömeg miatt biztosan nem lehetnek szabad állapotban, inkább egymással olyan kölcsönhatásban, mint a normál atommagokban.

Az elképzelések szerint nagy valószínűséggel a neutroncsillagok – pontosabban összeolvadó neutroncsillagokból álló kettős rendszerek – az

úgynevezett rövid gammavillanások forrásai is. Az, hogy tömegük az új eredmény által jelzett nagyságú is lehet, mutatja, hogy az általuk alkotott kettősök valóban alkalmasak lehetnek a gammavillanások során felszabaduló óriási energia produkálására.

Cirkóniumban gazdag csillag

Simon Jeffery (Armagh Observatory) és munkatársai forró szubtörpék vizsgálata közben egy cirkóniumban rendkívül gazdag csillagot azonosítottak. A forró szubtörpék olyan, tipikusan fél naptömegű csillagok, amelyek magjukban héliumot égetnek, és egy nagyon vékony hidrogénléggörveszi körül őket. A csillagfejlődési folyamatban elfoglalt helyzetüket tekintve a vörös óriás állapot után visszamaradt objektumokról van szó. Tíz szubtörpe közül azonban egynek a légkörét a hidrogén helyett a hélium uralja, ezért volt meglepetés a kutatók számára az általuk vizsgált egyik, LS IV-14 116 katalógusjelű objektum köztes helyzete, miáltal úgy tűnik, hogy a szubtörpék nem sorolhatók egyértelműen a két csoportba (8. ábra, lásd a színes melléklet VIII. oldalán).

A tőlünk körülbelül 2000 fényévre található csillag kék tartománybeli optikai színekeit a Siding Spring Observatory AAT (Anglo-Austral Telescope) távcsövének spektrográfiájával rögzítették. A spektrumok alapján nagy meglepetésükre cirkóniumot detektáltak, mégpedig óriási mennyiségben. Az elem egy 20 ezer fokos héjban koncentrálódik a csillag felszíne felett, aránya tízezerszeresen haladja meg a napbeli értékét. Ez azt jelenti, hogy az LS IV-14 116 esetében minden kétszázezer atomból egy cirkónium, míg a Napnál csak minden kétmilliárdból egy. A cirkóniumon kívül a stroncium, a germánium és az ittrium erős színeképvonalait is azonosították, melyek a normál koncentráció ezer-tízezerszeresére utalnak, szintén rétegződést mutatva. Jeffery szerint, ha a csillag hőmérséklete kicsit más lenne, akkor az a réteg, amelyben a cirkónium keletkezik, olyan magasságba kerülne, ahol már nem is észlelhetnénk. A légkörben ugyanis két folyamat hat egymás ellen, a gravitáció és a sugárnyomás. Ez utóbbi a különböző atomokra különböző erősségű, ezért az atmoszférában rétegződés alakul ki, mindegyik rétegben különböző kémiai összetétellel. Más csillagok, például a mi Napunk légköre azért nem mutatja ezt a réteges szerkezetet, mert a szubtörpékhez viszonyítva – melyekben a konvekció vagy egyéb keverési mechanizmusok elhanyagolhatóak – igen turbulens. A cirkóniumatomok sebességük miatt sokkal nagyobb hatásfokkal nyelnek el bizonyos frekvenciájú fotonokat, mint például a vasatomok,

emiatt az előbbieket az elnyelt fotonok impulzusa miatt felemelkednek, utóbbiak pedig lesüllyednek. Bizonyos magasságot elérve azonban lehűlnek (lassabban mozognak), ezért előbb-utóbb nem lesz olyan foton, ami fenntartsa őket, így visszahullanak.

A kutatócsoport szerint valószínűleg az LS IV-14 116 fejlődésének egy nagyon rövid fázisát észlelték. Jeffery szerint ezer vagy tízezer év múlva a cirkónium vélhetőleg el fog tűnni (leülepedik), és más elem fog megjeleni helyette. Újabb százezer év elteltével pedig nagy valószínűséggel a héliummal is ez történik. Ha megfelelő számban tudnánk azonosítani hasonló csillagokat más kémiai elemek rétegeivel, akár a kialakulásuk módját is fel lehetne vázolni. Ezt nehezíti azonban, és egy lehetséges magyarázatot is kizár például az, hogy az LS IV-14 116 lassan forog, ami alapján a csillag nem származhat kettős rendszerből vagy összeolvadási folyamatból, mert ezek általában gyors tengelyforgást eredményeznek.

Irodalom

Abdo, A. A. et al.: *Science* 329, 817 (2010)

Demorest, P. B. et al.: *Nature* 467, 1081 (2010)

Naslim, N. et al.: *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* 412, 363 (2011)

Wood, K. S. et al.: *Bull. American Astron. Soc.* 43, 108 (2011)

KUN MÁRIA

Száz éve ismerjük a reflexiós ködök természetét

A közeli csillagok fényét tükröző diffúz csillagközi porködök az asztrofotósok kedvenc célpontjai közé tartoznak. Elég egy pillantást vetni az *Astronomy Picture of the Day*¹ archívumára: a „reflection nebula” kifejezésre keresve csak 2011 májusában 186 találatot kaptunk. A szemet gyönyörködtető, változatos alakú és színű ködök vizsgálatával értékes információkat szerezhetünk a megvilágító csillagok és a megvilágított por természetéről. Éppen száz esztendeje Vesto Melvin Slipher amerikai csillagász megfigyelései megmutatták: a csillagközi tér egyes világító ködjei a közeli csillagok fényét tükröző porszemcsékből állnak. Szemben a gázködökkel, például az Orion-köddel, amelyekben gerjesztett gázatomok világítanak, a reflexiós ködökben szilárd szemcsékről szórt csillagfényt látunk.

Slipher 1912 decemberében a Fiastyúk csillagai körül derengő köd színeképét vizsgálta. A 60 cm-es átmérőjű refraktorra szerelt spektrográf 4 ívperc hosszú, kelet-nyugat irányú részét a Merope csillag melletti ködre (1. ábra, lásd a színes melléklet IX. oldalán) állította, mintegy 1,5 ívpercre a csillagtól. December 7-én éjjel az öt és egynegyed órás expozíció kevésnek bizonyult, de hasznos útmutatást adott a szükséges expozíciós idő becslésére. December 11-én, 12-én és 13-án összesen 21 órát exponált ugyanarra a fotólemezre.

Az eredmény meglepő volt: a kapott színeképben nem látszott gázködökre jellemző egyetlen fényes emissziós vonal sem, noha a hosszú expozíció ezek kimutatásához elég lett volna. Folytonos színekép volt az előhívott lemezen, a hidrogén Balmer-vonalaival és néhány halványabb héliumvonallal abszorpcióban. Az egész spektrum a Pleiadok fényes csillagaiénak a másolata volt. Felmerült a kérdés, hogy esetleg a Merope fénye tükröződik-e a távcsőben a spektrográf részére. Bár, ha a Merope spektrumát látnánk, akkor is ott kellene lenniük a köd saját fényes vona-

¹ <http://apod.nasa.gov/apod/archivepix.html>

lainak is, a hosszú expozíciós idő elég kellett, hogy legyen azok detektálásához. Tehát a fényes gázköd-vonalak hiánya mindenképpen probléma. Mindenesetre, a távcsőben tükröződő csillagfény lehetőségét megvizsgálendő, Slipher hasonló körülmények között felvételt készített a Szíriusz környékéről, ahol nincs köd: a rést a csillag mellé állította annak tesztelésére, hogy lehet-e a spektrum a távcsőben tükröződő csillagfény. Mivel a Szíriusz több mint 5,5 magnitúdóval fényesebb, mint a Merope, a 21 óra expozíciós idő helyett elég volt tíz perc! Ugyanarra a lemezre az Orion-ködről is készített két rövid expozíciót. Az előhívott lemezen nem látszott a Szíriusz reflektált fénye, de az Orion-köd fényes vonalai jól kivehetőek voltak.

Nyilvánvaló lett tehát, hogy a Merope melletti köd fénye szórt csillagfény. Kérdés, hogy milyen közegről szóródik a fény. Slipher arra a következtetésre jutott, hogy olyan porszerű anyag lehet, amelyet a Naprendszerben is látunk a Szaturnusz gyűrűiben, az üstökösökben stb., amelyek reflektált napfényben ragyognak. Megvizsgálta, elég fényesek-e a Pleiadok csillagai a köd megfelelő megvilágításához a színeképfelvétel helyén, és úgy találta hogy igen: a porszemcsék mintegy 0,15 fényév távolságból nagyjából telehold fényességűnek látják a csillagot. A köd a csillagok fényét tükrözi, és azt láthatjuk, hogy a csillagközi térben a naprendszerbeli, bolygóközi térhez hasonlóan por van. Négy évvel később, 1916-ban Slipher hasonló megfigyelést végzett a ρ Ophiuchi melletti ködről is (2. ábra, lásd a színes melléklet IX. oldalán), hasonló eredménnyel. A *reflexiós ködök* a csillagközi por fontos nyomjelzői. Természetük megfigyélésének századik évfordulója alkalmával ebben a cikkben áttekintjük néhány alapvető tulajdonságukat, történetüket, és megvizsgáljuk, hogy szépségükön kívül miért érdekesek manapság a csillagászok számára.

A *csillagközi por* természetéről, összetételéről, keletkezéséről sok mindent sikerült már kideríteni a felfedezése óta eltelt száz évben. A port alkotó szilárd szemcsék öreg csillagok táguló csillagszelében keletkeznek, és életük során környezetüktől függően számos átalakuláson mennek át. A reflexiós ködök színe hasonló a megvilágító csillag(ok)éhoz, bár kissé kékebb. A legfeltűnőbb ködök kék csillagok körül figyelhetők meg – például a Pleiadok csillagaihoz társuló, már említett köd vagy a Rigel által megvilágított Boszorkányfej-köd (IC 2118, 3. ábra, lásd a színes melléklet X. oldalán). Mivel a porszemcsék a saját méretükkel összemérhető hullámhosszú fényt szórják a leghatékonyabban, ebből arra következtethetünk, hogy a csillagközi por átlagos szemcsemérete a kék fény hullámhosszához hasonló. Ahol hidegebb, vörösebb színű csillagok vannak poros környezetben, a szórt fény aránya kevesebb, a reflexiós köd vi-

szonylag halvány. Nagyobb méretű szemcsék a hosszabb hullámhosszú fényt szórják hatékonyabban. Az infravörös reflexiós ködök olyan tartományok nyomjelzői, ahol a porszemcsék összetapadása és a szemcsék felületére fagyott különféle jegek nagyobb átlagos méretű szemcséket hoztak létre. Ilyen helyzet a sűrű, molekuláris gázt tartalmazó csillagközi felhők külső sugárzási tértől védett belsejében alakul ki. Az infravörös reflexiós ködök „színe” az átlagos szemcsemérettől, fényessége a felhő sűrűségétől függ.² Széles hullámhossztartományon mérve a reflektált fény mennyiségét, színét és polarizációs fokát következtetni lehet a por minőségére, a reflektáló közeg tulajdonságaira.

A reflexiós ködök a csillagközi anyag fontos távolságindikátorai. Míg a csillagok távolságát színképtípusuk, fényességük és színindexeik mérésével meg tudjuk határozni, sem a pornak, sem a gáznak nincsenek olyan megfigyelhető fizikai tulajdonságai, amelyek távolságmeghatározásra alkalmasak. A gázfelhők látóirány menti sebessége használható távolságbecslésre, feltételezve, hogy a felhők a Tejútrendszer forgását követik. Minél közelebb van azonban hozzánk egy felhő, annál pontatlanabb eredményt ad ez a módszer. A felhőbe ágyazott csillag nagy segítség a csillagközi anyag galaktikus eloszlásának feltérképezésében.

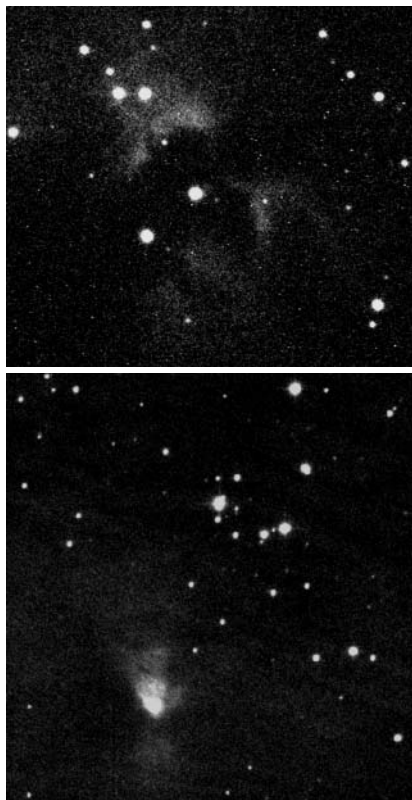
Reflexiós ködök katalógusai

Első ránézésre nehéz eldönteni, mitől világít egy diffúz ködfolt az égen. Az első ködkatalógusok, például a *New General Catalog* (NGC) és *Index Catalog* (IC) egyaránt tartalmaztak gázködöket, reflexiós ködöket, extragalaxisokat (spirálködöket), felbontatlan nyílt- és gömbhalmazokat. A ködök színéből már következtetni lehet a forrás természetére: a legmagasabb felszíni hőmérsékletű, kék O és korai B színképtípusú csillagok körül megfigyelhető, saját fényben világító emissziós ködök fényének legerősebb összetevője a vörös H α vonal, míg a reflexiós ködök a csillag színéhez hasonlóak. A köd centrális csillagának színképtípusa egyértelműen eldönti, milyen köd lehet a csillag körül. Sven Cederblad 1946-ban megjelent ködkatalógusa 231 gáz- és porköd, valamint ködös csillaghalmaz koordinátáit, szögméretét, típusát (emissziós vagy reflexiós, halmazhoz vagy egy csillaghoz tartozik, a centrális csillag típusa) tartalmazta. Az ötvenes években, az első Palomar Égfeldmérés publikálása után a ködök feltérképezése nagyon hatékonyá vált. Sokan katalogizálták a Palomar-

² Lásd Meteor csillagászati évkönyv 2011, 237. o.

képeken látható ködöket, különféle szempontok szerint. A legnagyobb, általános katalógus Beverly T. Lynds „Catalog of Bright Nebulae” című műve (1965) összesen 1125, mindenféle fizikai természetű fénylő diffúz ködöt tartalmaz. Stewart Sharpless (1959) emissziós ködöket keresett a Palomar-lemezeken, amelyek fényesebbek a vörös szűrős képen, mint a kéken, de katalógusába belekerültek hideg csillagok által megvilágított vörös reflexiós ködök is, például a T Tauri melletti kis köd (S238, 4. ábra, lásd a színes melléklet XI. oldalán). A hatvanas években jelentek meg az első kizárólag reflexiós ködökkel foglalkozó katalógusok. Sidney van den Bergh 1966-ban 159 reflexiós ködbe ágyazott csillagot azonosított a Palomar-lemezeken, meghatározta a megvilágító csillagok legfontosabb tulajdonságait, a ködök távolságát, vizsgálta térbeli eloszlásukat, csoportosulásukat. Johann Dorschner és Joachim Gürtler 1963-ban publikált katalógusa 192 ködöt tartalmazott. Theodor Neckel és Hans Vehrenberg háromkötetes atlasza (1986–1990) a Palomar Égfelmérés képein azonosított, 11 ívpercnél nagyobb szögméretű galaktikus gáz- és porködök alapvető tulajdonságait mutatja be képeken és táblázatokban (planetáris ködök nélkül). A katalógusok között természetesen sok az átfedés, mivel forrásuk közös.

Különösen sok figyelmet kaptak a sötét felhők területén megfigyelhető kicsiny, halvány, csak a vörös szűrős Palomar-képeken felismerhető ködöcskék, amelyeknek megvilágító csillaga vagy nem is látszik, vagy nagyon halvány és szintén nagyon vörös. Ezek a ködök a Naphoz hasonló vagy kisebb tömegű csillagok születési helyeinek nyomjelzői. Mivel a csillagok a csillagközi felhők legsűrűbb tartományaiban születnek, első



5. ábra. Reflexiós ködök Nap típusú fiatal csillagok körül: RNO 8 és RNO 125. A képek a piszkésetői RCC-távcsővel, I szűrővel készültek.

fénysugaraik útjában mindig sok por van. Az újszülött csillagokat sűrű, vastag tömegbefogási korong övezi,³ ezért reflexiós ködjeik mindig erősen aszimmetrikusak. A kivilágított térrész sok esetben a jellegzetes, kétirányú csillagszél által kitisztított csillagközi tartománnyal esik egybe. (Meg kell jegyeznünk, hogy nem minden efféle kis köd tartozik a reflexiós ködök családjába: a Herbig–Haro-objektumok kis világító gázködök a születő csillagok mellett,⁴ amelyek néhány színképvonalban fénylenek, éppen ez teszi lehetővé megkülönböztetésüket a reflexiós ködöktől.) Armen Gyulbudaghian és Tigran Magakian (1977) katalógusa volt az első ebben a kategóriában. Három egymást követő cikkben (GM-1–GM-3) összesen 136 üstökös alakú ködöcske felfedezéséről számoltak be, amelyek többnyire mélyen a felhőbe ágyazott, halvány, születő csillagok melletti reflexiós ködök, de előfordulnak köztük Herbig–Haro-objektumok is. 150 ködös, vörös objektumot tartalmaz Martin Cohen katalógusa (Red and Nebulous Objects in Dark Clouds – a Survey, 1980; RNO 1–150). Két példa látható az 5. ábrán: az RNO 125-öt a PV Cephei fiatal változócsillag világítja meg, az RNO 8 ködfoszlányainak megvilágításában több felhőbe ágyazott csillag is részt vesz. A mélyen beágyazott csillagok körüli porról szóródó fény elnyelődik a felhőben, így a legfiatalabb csillagokhoz társuló reflexiós ködök csak infravörösben figyelhetők meg. Infravörös reflexiós ködökről publikáltak atlaszt és katalógust Michael S. Connelley és munkatársai 2008-ban. A 2 mikronos hullámhosszon készült képek szabálytalan alakú, aszimmetrikus, sok esetben üstökös alakú ködöket mutatnak.

A reflexiós ködök fajtái

R-asszociációk

Előfordul, hogy a csillag galaktikus pályáján véletlenül találkozik egy felhővel; ez a helyzet a Plejádok esetében is (1. ábra). Többnyire azonban a megvilágított por és a csillag közelebbi kapcsolatban vannak egymással: a por ahhoz a felhőhöz tartozik, amelyben a csillag született. Ebben az esetben a köd jelenléte a csillag fiatal korának nyomjelzője. Ez a helyzet például a 2. ábrán látható ρ Ophiuchi felhőben. A képen látható sötét foltok olyan tartományok, amelyekben most zajlik a csillagkeletkezés. (Infravörös hullámhosszakon ezek a tartományok nem ilyen sötétek: néhány mikronos hullámhosszakon már láthatóak a felhőbe ágyazott újszülött csilla-

³ Lásd Meteor csillagászati évkönyv, 2005, 219. o.

⁴ Lásd például Meteor csillagászati évkönyv, 2004, 176. o.

gok,⁵ a távoli-infravörösben pedig maga a felhő ragyog). Van den Bergh felmérése megmutatta, hogy a reflexiós ködök csoportokat alkotnak egyes csillagképző felhők területén. A csoportok az *R-asszociációk* (reflexiósköd-társulások), a közepes tömegű, néhány naptömegnyi csillagok születésének nyomjelzői. A Tejútrendszer R-asszociációról az első átfogó leírás 1968-ban jelent meg (Racine, 1968).

Kívülről megvilágított felhők

A csillagközi por nem csak a beágyazott csillagok környezetében fénylik. A csillagközi teret többé-kevésbé mindenütt kivilágítják a csillagok, különösen a Tejútrendszer korongjában, ahol a felhők is találhatók. A sötét felhők külső rétegeiről szóródik a környezet fénye, ezért a felhők kontúrja halvány, vörösés fényben dereng (6–7. ábra, lásd a színes melléklet XI. és XII. oldalán). A látható fény a külső rétegekben elnyelődik. Mivel a felhők belsejében nagyobbak a porszemcsék, a belsőbb tartományokról a hosszabb hullámhosszú fény szóródik. A Spitzer Space Telescope középínfravörös képein számos 3,6–4,5 mikronon fénylő sötét felhőt fedeztek fel.⁶ A legsűrűbb tartományokról, a felhőmagokról tükröződő fény a leghosszabb hullámhosszú.

Változó reflexiós ködök

A megvilágító csillag fényváltozását természetesen a köd is követi. Híres változó ködök vannak néhány fiatal csillag mellett: legrégebben ismert a Hubble-féle változó köd (NGC 2261) az R Monocerotis fiatal csillag körül, a T Tauri mellett a Hind-féle változó köd (4. ábra), a PV Cephei mellett a Gyulbudaghian-köd (GM-1 29 vagy RNO 125). A McNeil-köd 2004-ben fényesedett ki, követve a V1647 Orionis kitörését,⁷ 2005 őszén elhalványult, majd 2008 augusztusától újra fénylik. A köd és a csillag változásainak időbeli eltolódását vizsgálva meghatározható a távolság, vagy ha a távolság más forrásból ismert, fontos adatokat kaphatunk a csillagkörüli por, a csillagot övező korong és burok térbeli szerkezetéről. Az RS Puppis klasszikus cefeida változócsillag is reflexiós ködbe van ágyazva. A köd egyes csomóinak fényessége a pulzáló csillag fényváltozásait követve periodikusan változik. A változások elemzése lehetővé tette a csillag távolságának nagyon pontos meghatározását (Kervella és tsai, 2008).

⁵ Lásd például <http://apod.nasa.gov/apod/ap110414.html>

⁶ Lásd Meteor csillagászati évkönyv, 2011, 237. o.

⁷ Lásd Meteor csillagászati évkönyv, 2006, 172. o.

Visszfények

A változó reflexiós ködök különleges képviselői azok, amelyek megvilágító forrása már kialudt. Egy-egy fellobbanó nóva vagy szupernóva fénye távolabbi felhőről tükröződve esetleg évekkel a kitörés után ér el hozzánk, amikor maga a fényforrás már elhalványodott. Az utóbbi évtized legérdekesebb csillaga ebben a kategóriában a V838 Monocerotis, amely 2003-ban erősen kifényesedett, és a következő években, miután a csillag visszahalványodott, a csillagászok megfigyelhették a kitörés csillag körüli felhőről tükröződő, látványos visszfényt.⁸ Régi szupernóvák visszfénye több száz éves késéssel érheti el a Földet kerülő úton, az egészen más irányba indult fénysugarat az útjába eső felhő felénk tükrözheti. Történelmi – az utóbbi 2000 évben kitört – szupernóvák visszfényének szisztematikus keresése eddig két pozitív eredményt adott. Az 1572-es, Tycho-féle szupernóva visszfényének felfedezése lehetővé tette, hogy évszázadokkal a robbanás után megvizsgálják a szupernóva spektrumát. Ugyancsak sikerült megtalálni a Cassiopeia A nevű szupernóva-maradványt 1671-ben létrehozó robbanás visszfényét.

Tükör által...

Előfordul, hogy a ködöt megvilágító csillag közvetlenül nem figyelhető meg, csak a csillag körüli porról tükröződő fénye. Mivel a reflexiós ködök színeképe a megvilágító csillag(ok)éval azonos, a köd színekéből sok mindent megtudhatunk a beágyazott csillag természetéről. A már említett V1647 Orionis 2004-es kitörésének elején a McNeil-köd egyik fényes csomójának színeképében forró csillagok színeképére emlékeztető abszorpciós hidrogénvonalakat észleltek. Néhány hónappal később ezek a vonalak eltűntek, jelezve, hogy a kitörés színhelye, a csillag-korong rendszer centrális tartománya hűlni kezdett. Vannak mélyen felhőbe ágyazott, vagy éléről látszó protoplanetáris korongjuk által eltakart fiatal csillagok, amelyeknek színképi tulajdonságai, fényváltozásai látható hullámhosszakon kizárólag a környezetükről szórt fényben vizsgálhatók. Mivel a csillagkörüli korongok tipikus mérete néhány száz csillagászati egység, több száz parszek távolságból pontszerűnek látszanak, így ezeket a szórtfény-objektumokat nem mindig könnyű felismerni. A színeképük alapján vártnál kékebb színük, fényváltozásaik jellegzetes színfüggése hívhatja fel a figyelmet arra, hogy a csillagfény nem közvetlenül, hanem a porról tükröződve érkezik hozzánk.

⁸ Lásd Meteor csillagászati évkönyv, 2004, 181. o.

A felfedezőről

Vesto Melvin Slipher (1875. november 11. – 1969. november 8.) a csillagászati spektroszkópia úttörője volt. Az arizonai Flagstaffban, Percival Lowell obszervatóriumában asszisztensként kezdte csillagászati pályafutását. Lowell halála után az obszervatórium igazgatója lett. Rendkívüli pontosságot és kitartást, gyakran több éjszakányi expozíciós időt igénylő, a kor színvonalát messze megelőző, időtálló megfigyeléseit egy 24 hüvelykes refraktorra szerelt, műszakilag folyamatosan fejlesztett spektrográffal végezte. Elkötelezett megfigyelőként talán a huszadik század legjelentősebb csillagászati felfedezéseit tette. Különösen érdekelték a ködök, amelyeknek spektroszkópiai vizsgálata a múlt század elején nagy technikai kihívást jelentett. A reflexiós ködökön kívül a spirálködök spektrumait is észlelte. 1912 és 1917 közt 25 spirálköd radiális sebességét mérte meg (abban az időben még csak mintegy 1200 fényes csillagról és néhány planetáris ködről volt radiálissebesség-mérés!). Megállapította, hogy a ködök sebessége jóval nagyobb, mint amekkorákat bármilyen égitestre mértek addig, és felfedezte, hogy a pozitív sebességek dominálnak: a spirálködök távolodnak tőlünk. Majd húsz évvel később Edwin Hubble Slipher mérési eredményeire alapozva mutatta ki a Világegyetem tágulását, ezért az utókor ezt tekintti Slipher legjelentősebb felfedezésének. Kimutatta azt is, hogy a spirálködök forognak, vizsgálta a csillagközi gáz abszorpcióis vonalait csillagok színképében, foglalkozott a bolygók és az éjszakai égbolt spektroszkópiájával is. Eredményeit több mint száz tudományos közleményben publikálta.

Irodalom

- Cederblad, S.: *Lund Medd. Astron. Obs. Ser. II* 119, 1 (1946)
 Cohen, M.: *Astron. J.* 85, 29 (1980)
 Connelley, M. S., Reipurth, B., Tokunaga, A.: *Astron. J.* 133, 1528 (2008)
 Hoyt, W. G.: *Vesto Melvin Slipher, a Biographic Memoir*. National Academy of Sciences, Washington D.C. (1980)
 Kervella, P. et al.: *Astron. Astrophys.* 480, 167 (2008)
 Krause, O. et al.: *Nature* 456, 617 (2008)
 Lynds, B. T.: *Astrophys. J. Suppl.* 7, 1 (1965)
 Neckel, T., Vehrenberg, H.: *Atlas Galaktischer Nebel*. (Atlas of Galactic Nebulae), Treugessell-Verlag, Düsseldorf. Part I–III. (1986, 1987, 1990)
 Rest, A. et al.: *Astrophys. J.* 681, L81 (2008)
 Sharpless, S.: *Astrophys. J. Suppl.* 4, 257 (1959)
 Slipher, V. M.: *Lowell Obs. Bull.* No. 55 (1912)
 Van den Bergh, S.: *Astron. J.* 71, 990 (1966)

GYÜRKY GYÖRGY

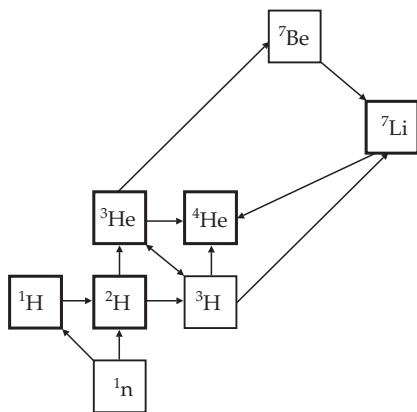
Magreakciók a csillagokban

Ha felnézünk az égre, tegyük ezt akár éjjel, akár nappal, a szemünkbe jutó fény csillagokból származik. Nappal „saját” csillagunk, a Nap fénye minden más fényforrást túlragyog, éjjel viszont a Világegyetem felfoghatatlanul nagy számú csillaga közül a hozzánk viszonylag közeli néhány száz, vagy ezer csillag fényét láthatjuk. A csillagok fényének energiaforrását közvetett módon atommagok között lejátszódó nukleáris folyamatok, magreakciók biztosítják. Napunk, a csillagok túlnyomó többségéhez hasonlóan hidrogénfúzióval termeli meg a működéséhez szükséges energiát, melynek során hidrogénből héliumot állít elő. A csillagfejlődés előrehaladottabb szakaszaiban más folyamatok is szerephez jutnak, amelyek egyrészt a csillag energiaforrását jelentik, másrészt pedig előállítják azokat a nehezebb kémiai elemeket, amelyek például a földi élet kialakulását lehetővé tették. Mindezen folyamatokban magreakciók játsszák a fő szerepet, a magreakciók tulajdonságai szabják meg a csillagok fejlődésének irányát, energiatermelésük ütemét és a keletkező nehezebb kémiai elemek mennyiségét. Jelen írásban a magreakciók szemszögéből mutatom be a csillagok működésének és fejlődésének főbb folyamatait.

A kezdetek: magreakciók az ősrobbanásban

Az Univerzumból alkotott mai képünk szerint világunk mintegy 13,7 milliárd évvel ezelőtt egy forró, nagy sűrűségű állapotban, az ősrobbanásban keletkezett. A magreakciók már rövidebb idővel az ősrobbanás után fontos szerephez jutottak. A gyorsan táguló és hűlő Világegyetemben az első másodperc tört része alatt a korábban szabad kvarkok és gluonok protonokká és neutronokká álltak össze. A harmadik perc végére a hőmérsékleti sugárzás fotonjain és a neutrínókon kívül az Univerzum elektronokból, protonokból és neutronokból állt. Ekkor a hőmérséklet elég magas

(mintegy 10^9 K) volt ahhoz, hogy a protonok és neutronok között magreakciók játszódjanak le, kezdetét veszi az úgynevezett primordiális, vagy ősrobbanásos elemszintézis. A folyamat csak egyféleképpen indulhatott el. Nem alkot ugyanis kötött rendszert, azaz stabil atommagot sem két proton, sem két neutron együttese (a két proton alkotta atommag, ha létezne, lenne a hélium kettes számú izotópja, a ${}^2\text{He}$ magja). Stabil atommag születik azonban egy proton és egy neutron gamma-sugárzás kibocsátásával járó reakciójából. A magfizikában szokásos jelölés szerint ez a $p(n,\gamma)d$ reakció, melyben a hidrogén kettes számú izotópjának, a deutériumnak a magja keletkezik. Ezután még számos egyéb magreakció is lejátszódik. Miután az ősrobbanás elmélete napvilágot látott, felmerült annak a lehetősége, hogy a világunkat alkotó összes kémiai elemet „készén kaptuk”, azok az ősrobbanásban keletkeztek. A részletes számítások azonban azt mutatják, hogy ez nem így van, az



1. ábra. Az ősrobbanásban lejátszódó reakcióhálózat. Vastagabb keret jelöli a folyamat eredményeképpen keletkező stabil izotópokat.

csak az 1. ábrán bemutatott viszonylag kicsi reakcióhálózat zajlik le a feltüntetett reakciókkal. Ennek az az oka, hogy a természetben nem található olyan stabil atom, melynek magjában a nukleonok (protonok és neutronok) együttes száma öt, vagy nyolc. Az ötös és nyolcas tömegszámú stabil izotópok hiánya azt jelenti, hogy ha ilyen atommag létrejön, akkor azonnal el is bomlik. Emiatt az ősrobbanásban lejátszódó magreakciók nem terjedhettek tovább a magasabb rendszámú kémiai elemek felé. (A nem létező ötös és nyolcas tömegszámú izotópok problémájára még a csillagok héliumégési folyamatainak tárgyalásakor visszatérek.)

Ahogy a Világegyetem tovább tágult és hűlt, a 20. perc környékére a hőmérséklet annyira lecsökkent, hogy az atommagok hőmozgásából származó energia már nem volt elegendő arra, hogy a pozitív töltésű atommagok között további magreakciók menjenek végbe. A primordiális elemszintézis végéhez ért. Mint az ábrából is leolvasható, ekkor az Univerzumban a következő atommagok vannak jelen: ${}^1\text{H}$ (proton), ${}^2\text{H}$ (deuteron), ${}^3\text{H}$ (triton), ${}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}$, ${}^7\text{Li}$, ${}^7\text{Be}$ valamint szabad neutronok, amelyek továbbra is befogódhatnak nehezebb atommagokon. Ezek közül a neutron, a ${}^3\text{H}$ és a

${}^7\text{Be}$ nem stabil, béta-bomlás révén rendre protonná, ${}^3\text{He}$, illetve ${}^7\text{Li}$ magokká alakul. Miután a bomlások is lezajlottak, kialakult a korai Univerzum végső anyagi összetétele, ami az első csillagok megjelenéséig nem is változott. Mindössze a periódusos rendszer három legkönnyebb eleme jött létre jelentősebb mennyiségben összesen öt különböző izotóp formájában: H , ${}^2\text{H}$, ${}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}$ és ${}^7\text{Li}$. Ráadásul a különböző izotópok egészen eltérő mennyiségben keletkeztek. Az Univerzum tömegének mintegy 75%-a hidrogénből (${}^1\text{H}$) 25%-a pedig héliumból (${}^4\text{He}$) áll. A másik három izotóp előfordulási aránya igen alacsony, ${}^2\text{H}$ és ${}^3\text{He}$ esetén 10^{-5} , ${}^7\text{Li}$ esetén pedig 10^{-10} nagyságrendű.

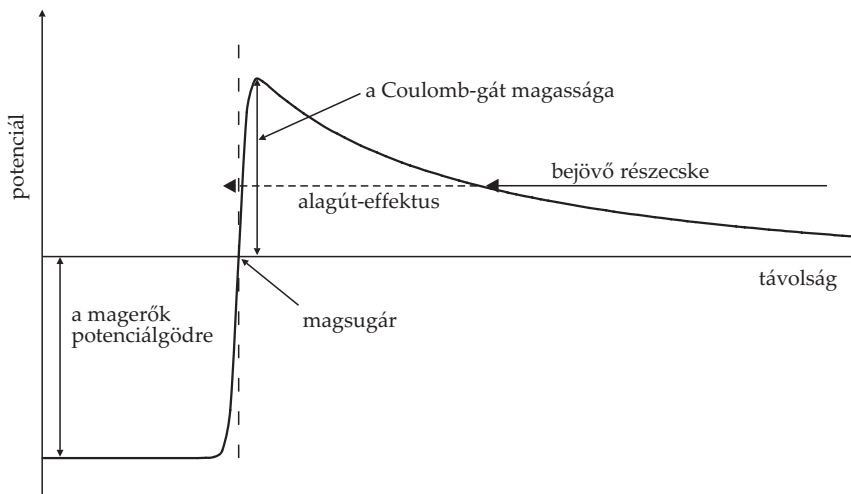
Az első csillagok kialakulása: a magreakciók újra szerephez jutnak

Százmillió éves sötétség korszaka következett. Az egyre hűlő Világegyetemben az atommagok elektronokkal semleges atomokat formáltak, és az Univerzum mint egy főként hidrogénből és héliumból álló hideg gázfelhő tágult tovább. A kezdeti Univerzumban véletlenszerűen kialakuló sűrűség-ingadozások azonban fennmaradtak és meghatározták a Világegyetem szerkezetének nagyléptékű fejlődését. A nagyobb sűrűségű tartományokban a gravitáció hatására az anyag elkezdett még inkább összehúzódní, létrejöttek az első protogalaxisok. Ezek belsejében kisebb anyagcsomók is kezdtek kialakulni, amelyekből a legelső csillagok jöttek létre. Sok még a kérdőjel az első csillagok kialakulásával kapcsolatban, de jelenleg a modellek azt mutatják, hogy az Univerzum első csillagai a Napnál jóval – több százszor, vagy akár ezerszer – nagyobb tömegűek voltak.

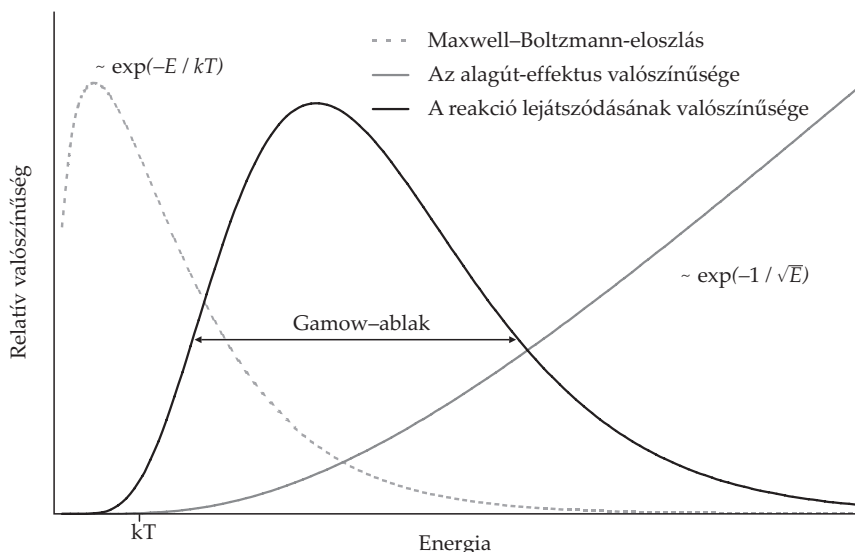
Ahogy egy gázfelhő a saját tömegvonzásának hatására összehúzódik, a fizikában viriál-tételként ismert törvény értelmében a felszabaduló potenciális energia fele részben sugárzás formájában távozik, fele részben pedig a gáz belső energiáját növeli. A gázfelhő tehát felmelegszik. Ahogy a gáz melegszik, az atomok mozgási energiája, így az ütközések energiája is nő. Amint ez az energia meghaladja az atomhéjakban kötött elektronok kötési energiáját, az elektronok leszakadnak az atommagokról, ionizáció következik be, vagyis a gázfelhő belsejében plazma állapot alakul ki, amelyben a pozitív töltésű atommagok és a negatív elektronok szabadon mozognak. Ahogy a hőmérséklet tovább nő és az atommagok egyre nagyobb energiával ütköznek, lejátszódhatnak köztük magreakciók is. Mielőtt azonban ezekre a reakciókra rátérnek, célszerű megemlíteni a magreakciók néhány általános tulajdonságát, illetve a hőmérséklet szerepét.

Egy gázban a részecskék átlagos mozgási energiája a hőmérséklettel arányos az $E = kT$ összefüggés értelmében, ahol E az energia, T a hőmérséklet, a k arányossági tényező pedig a Boltzmann-állandó. A magfizikában az energiát elektronvolt (eV) egységben szokás kifejezni, ami az az energia, amennyire egy elektron tesz szert 1V potenciálkülönbség hatására. A csillagok szempontjából lényeges energiák ezen egységnél több nagyságrenddel nagyobbak, így a kiloelektronvolt ($1 \text{ keV} = 10^3 \text{ eV}$) és a megaelektronvolt ($1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$) egységeket fogom használni. Az energiaskála érzékelte érdekében három példa: szobahőmérsékleten kT értéke 0,025 eV, a Nap magjában uralkodó 15 millió K hőmérsékleten $kT = 1,3 \text{ keV}$, míg egy szupernóva-robbanásban, ahol a hőmérséklet az 5 milliárd K-t is elérheti $kT = 430 \text{ keV}$.

Mivel az atommagok pozitív töltésűek, közöttük magreakció csak úgy játszódhat le, ha elég mozgási energiájuk van ahhoz, hogy legyőzzék a közöttük ható elektromos taszítást és összeütközzenek. Ezt szemlélteti a 2. ábra. Az atommagok között erős vonzó kölcsönhatás, az úgynevezett magerő hat, amelynek azonban véges és viszonylag rövid a hatótávolsága. Ezzel szemben az elektromágneses kölcsönhatás hatótávolsága végtelen, így az atommagok már jóval a magerők hatótávolságán kívül is érzik az elektromos taszítást. Ha a magok között fellépő kölcsönhatás potenciálját a távolság függvényében ábrázoljuk, akkor a két kölcsönhatás eredőjeként egy határozott maximum-



2. ábra. Két töltött részecske részvételével zajló magreakció sematikus ábrázolása. A csillagokra jellemző hőmérsékleteken a reakciók mélyen a Coulomb-gát alatt zajlanak, így azok csak az alagút-effektus révén mehetnek végbe.



3. ábra. A csillagokban lezajló magreakciók energiaviszonyait megszabó valószínűségek. A Maxwell–Boltzmann-eloszlásból és az alagút-effektus valószínűségének energiafüggéséből egy csúcs, az úgynevezett Gamow-ablak rajzolódik ki, ami megszabja, hogy milyen energián játszódik le egy adott magreakció.

mal jellemezhető görbét kapunk. Ezt a maximumot nevezzük Coulomb-gátnak, ugyanis az atommagoknak ezt az elektromos taszítás miatt fellépő potenciálgátat kell leküzdeniük, hogy reakcióba lépjenek. A Coulomb-gát magassága természetesen függ a reakcióba lépő magok töltéseitől, nagyobb töltés (azaz több proton a magban) erősebb elektromos taszítást, tehát magasabb gátat jelent. A magok sugarával (ami a bennük lévő nukleonok számával arányos) viszont csökken a gát magassága, mivel a magerők már nagyobb távolságnál éreztetik hatásukat. Mint az ábra is szemlélteti, a következőben tárgyalt, csillagokra jellemző hőmérsékletek esetén az atommagok átlagosan kT energiája sokkal kisebb, mint a potenciálgát magassága. Egy jellemző példa: két proton esetén a Coulomb-gát magassága 550 keV, míg például a Nap esetén kT értéke mindössze 1,3 keV.

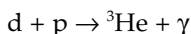
Bár a kT érték csak a részecskék átlagos energiáját jelenti, és az energia-eloszlást leíró Maxwell–Boltzmann-formula alapján a gázban előfordulnak jóval nagyobb energiájú részecskék is, a Coulomb-gát nagy magassága azt jelenti, hogy még a legnagyobb energiájú részecskék sem tudják legyőzni azt. A klasszikus fizikai világkép szerint tehát nem jöhetne létre magreakció

közöttük. A mikrovilág objektumait leíró kvantummechanika törvényei értelmében azonban magreakció úgy is lejátszódhat, ha a részt vevő magok energiája nem éri el a Coulomb-gát leküzdéséhez szükséges energiaszintet. Ez a kvantummechanikai alagút-effektus által lehetséges. Az alagút-effektus valószínűsége erősen függ a leküzdendő potenciálgát szélességétől és magasságától. Magasabb kinetikus energia felé haladva, ahol a leküzdendő gát szélessége és magassága csökken, az alagút-effektus valószínűsége nő, mégpedig exponenciális függvény szerint. Ez ahhoz vezet, hogy a reakció legvalószínűbben egy meghatározott tartományba eső energiájú részecskék között fog lejátszódni. Ezt szemlélteti a 3. ábra. Magasabb energiák felé haladva – túl az átlagos kT értéken – a Maxwell–Boltzmann-energiaeloszlás miatt csökken a valószínűsége, hogy egy mag az adott energiájú legyen. Az alagút-effektus valószínűsége viszont nő. A kettő kombinációjából egy maximummal jellemezhető valószínűség-görbe adódik arra nézve, hogy mekkora a reakció lejátszódásának esélye. A görbe maximumának megfelelő energiát Gamow-energiának nevezzük, azt az energiatartományt pedig, ahol a reakciók lezajlásának nagy a valószínűsége, Gamow-ablaknak. A Gamow-ablak fölötti energiájú atommagok nincsenek számottevő mennyiségben, míg az alatt túl kicsi az alagút-effektus valószínűsége. A Gamow-energia értéke általában jóval nagyobb, mint az átlagos kT energia. A Nap belsejében, ahol kT értéke 1,3 keV, két proton reakciója esetén a Gamow-energia 5,9 keV, de például két ^{16}O mag reakciója esetén már 237 keV.

Az első magreakció csillagokban: deutériumégés

E rövid kitérő után térjünk vissza a csillag keletkezéséhez! Ahogy az összehúzódó gázfelhő hőmérséklete nő, az atommagok növekvő ütközési energiája miatt megnyílik a magreakciók lejátszódásának a lehetősége. Mint az előző fejezetben láthattuk, a magreakciók lehetőségét a Coulomb-gát alagút-effektus általi leküzdése teszi lehetővé. A Coulomb-gát a legkisebb töltésű magok, tehát a hidrogén esetén a legalacsonyabb. Még pontosabban a deuteron esetén, mivel ennek a töltése azonos a protonéval, sugara viszont a benne található plusz egy nukleon miatt nagyobb, tehát a rá jellemző Coulomb-gát alacsonyabb. A legvalószínűbb folyamat – vagy magfizikai szakki-fejezéssel a legnagyobb hatáskeresztmetszetű reakció – tehát két deuteron reakciója lenne. Amint azt azonban a primordiális elemszintézis tárgyalásánál láthattuk, a deutérium csak igen kis gyakoriságban keletkezett az ősrobbanásban, hozzávetőleg minden százezer protonra jut csak egy deuteron. Emiatt két deuteron reakciójának nagyon kicsi a valószínűsége egyszerűen

azért, mert ők ritkán találkoznak egymással a sok proton (és ^4He) tengerében. A születő csillagban tehát az elsőként bekövetkező magreakció a deuteron és proton fúziós reakciója, tehát a



folyamat, amiben ${}^3\text{He}$ mag jön létre gamma-sugárzás kibocsátása közben. A reakció akkor tud jelentős mértékben beindulni, amikor a gázfelhő hőmérséklete eléri a mintegy egymillió kelvint. A keletkező gamma-foton viszi el a reakcióból származó mintegy 5,5 MeV energia jelentős részét. A foton ezután a plazma töltött részecskéivel ütközve adja le energiáját a gáznak. A gázban uralkodó erős konvektív energiatranszport miatt azonban a reakció által termelt energia nem növeli a gáz hőmérsékletét, hanem az 10^6 K körül stabilizálódik, míg a deutérium-égés zajlik. Ez a hőmérséklet nem elegendő ahhoz, hogy más magreakciók is beinduljanak, tehát amíg a keletkező csillag magjában el nem fogy a deutérium, a folyamat egyenletes hőmérsékleten, egyedüli magreakcióként zajlik. Mivel a deutérium gyakorisága elég kicsi, a deutérium-égés viszonylag hamar, jellemzően néhány millió év alatt kifogy az üzemanyagból.

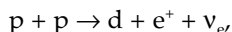
Ezután a csillag magja újra elkezd összehúzódni, miközben tovább melegszik. Ha azonban a gázfelhő tömege nem elegendő, a hőmérséklet nem ér el olyan magas értéket, hogy további magreakciók indulhassanak be. Azokat az objektumokat, amelyekben lezajlik a deutérium-égés, de nem elég nagy tömegűek ahhoz, hogy további magreakciók is lejátszódjanak, *barna törpéknek* nevezzük. Tömegük jellemzően a Jupiter tömegének 13–80-szorosa, ami egy köztes energiatartomány az óriás gázbolygók (amelyekben nem zajlik deutériumégés) és a legkisebb tömegű valódi (hidrogént égető) csillagok között.

Hidrogénégés: a „valódi” csillagok

Ha a gázfelhő tömege elég nagy, eléri a Nap tömegének legalább mintegy 8%-át, az összehúzódás során olyan magas hőmérséklet alakul ki, hogy benne további magreakciók játszódhatnak le. A Coulomb-gát szerepe miatt ismét a legkisebb töltésű magok közötti reakciók mehetnek végbe elsőként. Mivel a deutérium-égés során megsemmisült a deutérium döntő része, a hidrogén egyes számú izotópjának, azaz a nagy mennyiségben rendelkezésre álló protonoknak a fúziója következhet. Ahogy azonban az ősrobbanásos elemszintézis tárgyalásánál láthattuk, két proton nem alkot stabil atommagot. Emiatt a protonok közötti fúziós reakció csak úgy

mehet végbe, ha a folyamat során az egyik proton neutronná alakul, mert ekkor egy stabil deutron jöhet létre.

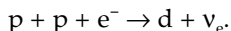
Protonok neutronná alakulása atommagok belsejében jól ismert jelenség, a béta-bomlás egyik formája. Szabad protonok azonban nem alakulnak neutronná, ugyanis a proton tömege kisebb, mint a neutroné. Ezért a fordított jelenség játszódik csak le, azaz a szabad neutron alakul protonná. Két proton ütközésekor azonban energetikailag megengedett folyamat a proton neutronná alakulása is, ugyanis a keletkező deutron kisebb tömegű, mint a két proton együttese. A folyamathoz az kell tehát, hogy a két proton a Coulomb-gáton való áthaladás által egymással összeütközzön, és ezzel egyidejűleg az egyik neutronná alakuljon. A folyamat tehát végeredményben:



ahol a deutronon kívül a proton neutronná alakulása miatt keletkezik egy pozitron (e^+) és egy elektron-neutrínó (ν_e) is. A folyamatban 0,42 MeV energia szabadul fel a reakciótermékek kinetikus energiája formájában. Ehhez az energiához adódik hozzá még a pozitron annihilációja (szétsugárzása) során felszabaduló energia, ugyanis a pozitron egy elektronnal találkozva megsemmisül, miközben gamma-fotonok formájában újabb 1,022 MeV energia szabadul fel.

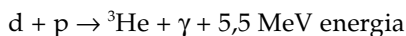
Ez az úgynevezett pp reakció rendkívül lassan megy végbe. Ennek egyik oka az alagút-effektus már említett kis valószínűsége. A másik ok pedig az, hogy a proton neutronná alakulása a természet egyik alapvető kölcsönhatása, a gyenge kölcsönhatás révén megy végbe, ami – mint azt a neve is sugallja – szintén kis valószínűségű folyamat. E két tényező hatására egy, a Naphoz hasonló csillag magjában egy proton átlagos élettartama, mielőtt a fenti reakció bekövetkezne, mintegy tízmilliárd év. Ez határozza meg azt az időskálát, amíg egy csillag működni képes, ezért nem robban fel, mint egy gigantikus hidrogénbomba, hanem évmilliárdokig folyamatosan termeli az energiát.

Igen kis valószínűséggel a p+p reakció úgy is végbemehet, hogy a proton neutronná alakulása nem pozitronkibocsátás révén (β^+ -bomlás jelleggel), hanem elektronbefogással történik. Ekkor az ütközés során az egyik reakcióba lépő proton befog egyet a plazma szabad elektronjai közül. A reakció, melyet a pep néven illetnek, tehát így írható le:



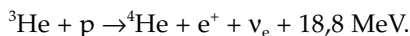
Valószínűsége a Nap esetén mintegy 400-szor kisebb, mint a pp reakcióé.

Miután ez az első hidrogénfúziós reakció lezajlott, számos további is végbemehet. Mint azt a deutériumégésnél láthattuk, a pp reakcióban keletkező deutron könnyen reakcióba lép protonokkal, tehát újra lezajlik a



folyamat. Ezután a reakciók láncolata négy különböző módon mehet végbe, erősen eltérő valószínűségekkel. A négy különböző láncot pp-I, pp-II, pp-III, illetve Hep láncoknak nevezzük és a következőkben ezeket részletezem.

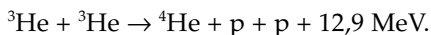
Az, hogy fenti reakcióban keletkezett ${}^3\text{He}$ milyen további reakciókban vehet részt, a plazma összetételétől és a reakciók hatáskeresztmetszetétől függ. A plazmában legnagyobb részt protonok és ${}^4\text{He}$ magok vannak, valamint a fenti reakciókban keletkezett d és ${}^3\text{He}$. Vegyük sorra az ezekkel a magokkal való reakciók lehetőségét! A ${}^3\text{He}$ protonnal való fúziós reakciójából ${}^4\text{Li}$ keletkezik, azaz csak keletkezne, mert a lítium 4-es tömegszámú izotópja részecske-instabil, protonkibocsátással újra ${}^3\text{He}$ -má alakulna. Ráadásul magának a reakciónak a lejátszódása is csak legalább 2,5 MeV energia befektetésével mehetne végbe. A plazma atommagjai azonban ezt nem tudják teljesíteni. A ${}^3\text{He} + p$ reakció azonban mégsem teljesen kizárt, mert előfordulhat ugyanaz a jelenség, amelyet már a pp reakció esetén láttunk: a reakcióba lépő proton neutronná alakul. Ez az úgynevezett Hep reakció, amely tehát így írható le:



Mivel azonban a béta-bomlás valószínűsége kicsi, ezért a Hep folyamat hatáskeresztmetszete igen csekély, csak mintegy minden tízmilliomodik ${}^3\text{He}$ mag semmisül meg ilyen módon. Némi jelentősége csak azért van, mert a reakcióban igen nagy energia szabadul fel, így nagyenergiás neutrínók jönnek létre, ami bizonyos földi neutrínódetektorok esetén komoly jelentőséggel bír.

A ${}^3\text{He}$ magok reakcióba léphetnek deutronokkal is. A részletes számítások azonban azt mutatják, hogy a pp reakcióban keletkező deutronok szinte kizárólag a plazmában nagy mennyiségben jelen levő protonokkal lépnek reakcióba (ahol a Coulomb-gát is alacsony). A ${}^3\text{He} + d$ reakció ezért teljesen elhanyagolható.

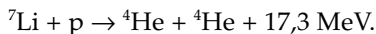
Legnagyobb valószínűsége két ${}^3\text{He}$ mag alábbi reakciójának van:



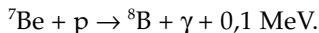
Ez a pp-I ág, amiben jelentős kinetikus energia felszabadulása közben egy ${}^4\text{He}$ mag és két proton keletkezik. Nem elhanyagolható azonban annak az esélye sem, hogy a ${}^3\text{He}$ egy ${}^4\text{He}$ maggal lépjen reakcióba:



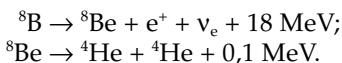
Ennek a reakciónak a hatáskeresztmetszete ugyan jóval kisebb, mint a ${}^3\text{He} + {}^3\text{He}$ folyamaté, de a ${}^4\text{He}$ magok igen nagy előfordulási gyakorisága miatt a reakció jó eséllyel lezajlik. A keletkező ${}^7\text{Be}$ mag sorsa ezután két különböző módon pecsételődhet meg. A ${}^7\text{Be}$ radioaktív, elektronbefogással 53 napos felezési idővel¹ stabil ${}^7\text{Li}$ -má bomlik. Ezután a ${}^7\text{Li}$ természetesen a leggyakoribb és legalacsonyabb Colulomb-gáttal jellemezhető protonnal lép reakcióba, aminek eredményeként két ${}^4\text{He}$ mag jön létre:



Így válik teljessé a pp-II ág. A ${}^7\text{Be}$ mag viszonylag hosszú felezési ideje miatt előfordulhat az is, hogy a protonbefogás hamarabb következik be, mint az elektronbefogás, azaz a következő reakció játszódik le:

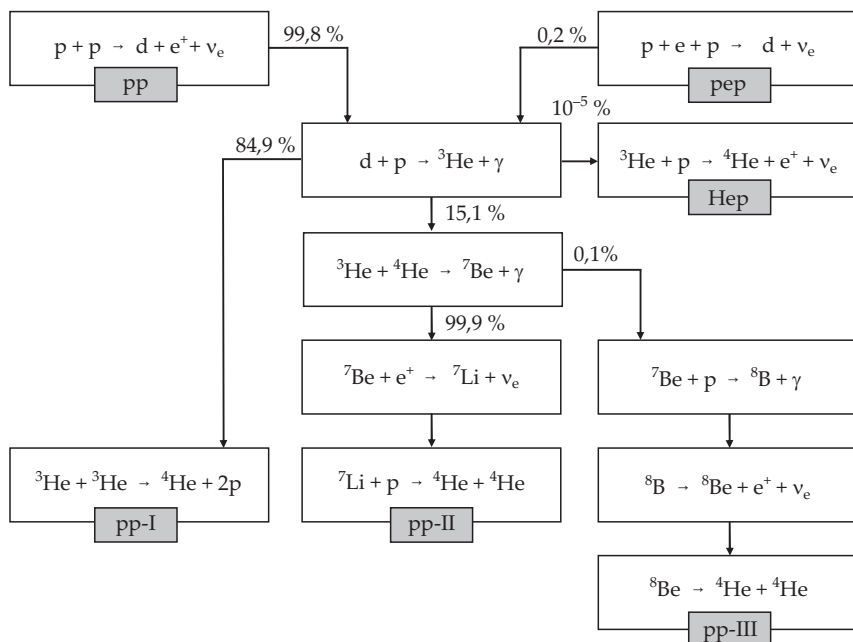


Ezután a körülbelül 1 másodperc átlagos élettartamú ${}^8\text{B}$ béta-bomlás révén ${}^8\text{Be}$ -má alakul, ami pedig spontán módon két ${}^4\text{He}$ magra esik szét. Ezzel zárul a pp-III ág:



A fent felsorolt reakciósorozatok bármelyik ága valósul is meg, a végeredmény az, hogy négy proton alakul át egy ${}^4\text{He}$ maggá két pozitron és két neutrínó kibocsátása és jelentős energia felszabadulása mellett. A folyamatok, amelyeket összefoglaló néven *pp-láncoknak* nevezünk, a 4. ábrán láthatók. Az, hogy a különböző ágak egymáshoz viszonyítva milyen valószínűséggel mennek végbe, függ a csillag magjának a hőmérsékletétől és kémiai összetételétől. Az ábrán feltüntetett értékek a Nap jelenlegi állapotára vo-

¹ Az 53 napos felezési idő földi körülmények között, semleges ${}^7\text{Be}$ atomokra érvényes. A csillag plazmájában az elektronbefogás nem az atom saját kötött elektronjaiból, hanem szabad elektronokon megy végbe. Így a ${}^7\text{Be}$ felezési ideje a csillagokban jelentősen eltérhet az 53 naptól.



4. ábra. A pp-lánc reakciói és az egyes ágak lejátszódásának valószínűségei a Nap esetén.

natkozó számított értékek. Mivel a pontos értékek függenek az alkalmazott Nap-modell paramétereitől, az adatok csak tájékoztató jellegűek. Az azonban kijelenthető, hogy Napunk esetén a pp-I lánc a domináns.

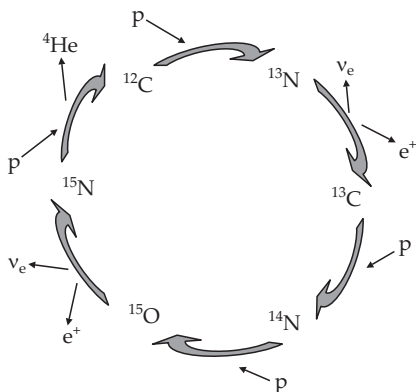
Ha egy csillag magjában a fent felsorolt reakciók révén beindult a hidrogénégés, a csillag összehúzódása megáll. A hidrogénfúzióban termelt energia ugyanis kifelé áramlik a magból, ami egy, a gravitációs erőnek ellenható nyomást generál. A két hatás eredményeképpen a csillag hidrosztatikus egyensúlyba kerül. Mivel a pp-láncok közös kezdeti reakciója, a pp-reakció igen lassan megy végbe, ezért a csillag hosszú ideig (lásd alább) ebben az egyensúlyi állapotban marad. Az ilyen csillagokat fősorozati csillagoknak nevezzük, ugyanis a csillagászok által gyakran használt Hertzsprung–Russell-diagramon (ahol a csillagok fényessége a felszíni hőmérséklet függvényében van ábrázolva), ezek a csillagok egy jól meghatározott sávban, az úgynevezett fősorozaton helyezkednek el. Mivel a csillagok sok időt töltenek a fősorozaton, ezért nem meglepő, hogy az égbolton látható csillagok mintegy 90%-a fősorozati.

Egyensúlyi állapotban a mag hőmérsékletét a csillag tömege határozza meg. Minél nagyobb tömegű a csillag, annál magasabb lesz az egyensúlyi hőmérséklet. A magasabb hőmérséklet viszont azt jelenti, hogy a magreakciók energiaviszonyait meghatározó Gamow-ablak magasabb energiák felé tolódik el. Magasabb energián a töltöttreszcseke-reakciók a kisebb Coulomb-gát hatása miatt nagyobb hatáskeresztmetszettel játszódnak le, tehát megnő a hidrogénfúzió sebessége és ezáltal a csillag által termelt teljes energia. Ez azt jelenti, hogy minél nagyobb tömegű egy csillag, annál fényesebben ragyog, ám annál rövidebb ideig képes fenntartani a hidrogénfúziót, mielőtt kifogyna a hidrogén-üzemanyagból. A Nap esetén a mag hőmérséklete jelenleg mintegy 15,7 millió K, és a hidrogénégés teljes időtartama 10 milliárd év körüli. Ezzel szemben egy 0,3 naptömegnyi csillag akár 200 milliárd évig is égetheti hidrogénkészletét és maradhat a fősorozaton, míg egy 15 naptömegnyi óriás 10 millió év alatt teszi meg ugyanezt.

Alternatív hidrogénégés: a CNO ciklus

A hidrogénégés időskáláját a pp-láncok leglassúbb reakciója, a kezdeti pp-reakció határozza meg. Mint említettem, a reakció lassúságának, azaz alacsony hatáskeresztmetszetének egyik oka a részt vevő proton béta-bomlásának szükségessége, ami kis valószínűségű folyamat. Egy, az ősrobbanás után keletkezett első generációs csillagnak nincs más lehetősége a hidrogénégésre, mint a pp-láncok a kezdeti lassú reakcióval. Egy olyan csillagnak azonban, ami már tartalmaz korábbi csillaggenerációk által termelt nehezebb elemeket, más lehetősége is van.

A hidrogén és hélium után az Univerzum leggyakoribb elemei a szén és az oxigén. Ennek okairól a későbbi fejezetekben még lesz szó. Ha a csillag magja jelentős mennyiségben tartalmazza ezeket az elemeket, akkor a rájuk lezajló magreakciók hozzájárulhatnak a hidrogénégés folyamataihoz. Igaz ugyan, hogy ezen elemek magasabb rendszáma (azaz a magok nagyobb töltése) miatt a rájuk jellemző Coulomb-gát jóval nagyobb, mint az előző fejezetben ismertetett reakciók esetén, de ha segítségükkel ki lehet kerülni a proton béta-bomlása miatti nehézségeket, akkor ez kompenzálhatja a magasabb Coulomb-gát negatív hatását. A hidrogénégésnek ezt a módját CNO-ciklusnak hívjuk. A ciklus egyes reakcióit az 5. ábra mutatja, és mint látható a CNO-ciklus egy katalitikus körfolyamat. Ha elindulunk például a ^{12}C magtól, akkor a ciklus végén ugyanúgy megjelenik egy ^{12}C mag, a körfolyamatban szereplő nehezebb elemek (szén, nitro-



5. ábra. A hidrogénégés CNO-ciklusának reakciói.

gén, oxigén) mennyisége egy teljes ciklus során nem változik, azok csak a katalizátor szerepét töltik be. Lezajlik azonban a hidrogénfúzió: a pp-láncokhoz hasonlóan egy teljes ciklus során négy protonból egy ^4He mag, két pozitron és két neutrínó keletkezik és energia szabadul fel. Két proton szükségszerű neutronná alakulása itt összetett atommagokban történik, a radioaktív ^{13}N és ^{15}O béta-bomlása során. Ezen béta-bomlások sebessége jóval nagyobb, mint a pp-reakcióban, így lehet a CNO-ciklus versenyképes a pp-láncokkal.

A CNO-ciklus sebességét a benne szereplő leglassúbb folyamat, a $^{14}\text{N}(\text{p},\gamma)^{15}\text{O}$ reakció sebessége szabja meg. Az, hogy egy adott csillag esetén a pp-láncok vagy a CNO-ciklus a hidrogénégés döntő mechanizmusa, a csillag fémességétől (azaz a benne levő héliumnál nehezebb elemek, például szén és oxigén mennyiségétől) és a mag hőmérsékletétől függ. A hőmérséklet növekedésével mind a pp-láncok, mind a CNO-ciklus sebessége növekszik, ám a CNO-ciklus esetén a hőmérsékletfüggés jóval meredekebb, így egy adott hőmérséklet fölött a CNO-ciklus válik dominánssá, míg alatta a pp-láncoké a főszerep. A jelenlegi modelljeink szerint a Nap esetén a CNO-ciklusból mindössze az energiatermelés 1,5%-a származik, tehát a pp-láncok a jelentősebbek. Mivel a mag hőmérséklete a csillag tömegével növekszik, ezért nagyobb tömegű fősorozati csillagok felé haladva a CNO-ciklus szerepe is nő. A Naphoz hasonló fémességű csillagok esetén mintegy 1,3 naptömeg fölött válik a CNO-ciklus az energiatermelés meghatározó tényezőjévé.

Érdeemes megemlíteni, hogy nagy tömegű csillagokban más, a fent bemutatott CNO-ciklushoz hasonló körfolyamatok is lezajlanak. Ezekben a ciklusokban már magasabb rendszámú elemek (a fluortól egészen a klórig) is szerepet játszanak, és ennek megfelelően nevezzük őket többek között NOF-, NeNa-, MgAl-, SiP- vagy SCl-ciklusoknak. Részletes tárgyalásukra nem térek ki, általános jellemzőjük a CNO-ciklushoz hasonlóan, hogy a ciklus eredménye négy proton ^4He -má alakulása, miközben a nehézelemek csak a katalizátor szerepét töltik be, össz-mennyiségük nem változik.

Csillagfejlődés a fősorozat után: az elemszintézis beindul

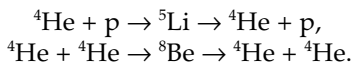
Bár a legtöbb csillag működésének alapja a hidrogénégés, ez a folyamat termeli a csillag által akár sok milliárd évig sugárzott energiát, a nehézelemek szintéziséhez a hidrogénfúzió nem járul hozzá. A folyamatban csak az Univerzum kezdete óta jelen lévő hidrogén alakul át héliummá, ám mivel a Világegyetemünk még elég fiatal, az eddig volt csillagok működése nem befolyásolta jelentősen az egész Univerzum hidrogén-hélium arányát. Nehezebb elemek, amelyek létezésének pedig mi magunk vagyunk az ékes bizonyítékai, egyáltalán nem jöttek létre. Ezek keletkezésének megértéséhez meg kell vizsgálnunk, mi történik egy csillaggal, ha kimerül a magjában a hidrogén-üzemanyag.

Tartson bár a hidrogénégés milliárd évekig, előbb-utóbb a csillag magjában a hidrogén mennyisége annyira lecsökken, hogy nem lesz elegendő a termelődő energia a hidrosztatikus egyensúly további fenntartásához. Ekkor a gravitációs erő felülkerekedik a kifelé irányuló nyomáson, és a csillag magja összehúzódik, miközben a hőmérséklete megnő. Ha a csillag elég nagy tömegű, a növekvő hőmérséklet hatására a magot körülvevő rétegben, ahol még mindig sok a hidrogén és zajlik a hidrogénégés, a fúzió sebessége, tehát az energiatermelés megnő. Ennek hatására a külső rétegek kitágulnak és lehűlnek. A csillag mérete megnő, ezzel a teljes kisugárzott energia is nő, színe pedig a vörös irányába tolódik el. A csillagból vörös óriás válik, elhagyva ezzel a fősorozatot. A csillag tömegétől és egyéb tényezőktől függően a folyamat a valóságban jóval bonyolultabb és több különböző módon is végbemehet, de mivel a jelen írásnak a fő témáját a csillagokban zajló magreakcióinak képezik, a részletekre itt nem térek ki.

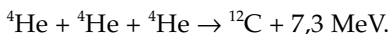
A csillag magjában a hidrogénégés leállása után a csillag tömegétől függően alapvetően két különböző folyamat játszódhat le. Ha a csillag tömege kisebb, mint a Nap tömegének nagyjából a fele, a csillag saját gravitációs tere nem elég erős ahhoz, hogy az összepréselődő magban újabb magreakciók beindulásához szükséges mértékben megnöjön a hőmérséklet. A magban kialakuló elfajult elektrongáz nyomása fogja ellensúlyozni a gravitációs erőt, így a csillag újra stabilizálódik, fehér törpe csillag lesz belőle. Energiaforrás hiányában azonban a kisugárzott energiát nem pótolja semmi, a csillag tehát fokozatosan hűl és halványul. Mivel azonban – mint arról korábban már volt szó – az ilyen alacsony tömegű csillagok sokkal hosszabb időt töltenek a fősorozaton, mint az Univerzum jelenlegi kora, még nem láthatunk kihűlőben lévő ilyen kis tömegű csillagot.

Ha azonban egy csillag tömege nagyobb, mint fél naptömeg, a magban a hőmérséklet elérheti a 100 millió K körüli értéket. Ekkor már az atommagok jelentősen nagyobb kinetikus energiája miatt magasabb Coulomb-gáttal jellemezhető, tehát nehezebb magok részvételével lejátszódó reakciók is végbemehetnek. Itt azonban megint szembesülünk a primordiális elemszintézis bemutatásánál már említett problémával: a nem létező 5-ös és 8-as tömegszámú atommagok problémájával.

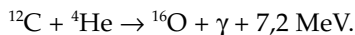
A csillag magja a hidrogénégés leállása után döntően héliumból áll, bár található még benn nem elhanyagolható mennyiségű hidrogén is. Ezeken a magokon a következő két reakció játszódhat le:



Mindkét reakció esetén a keletkező mag (${}^5\text{Li}$ és ${}^8\text{Be}$) instabil, elbomlik ugyanolyan módon, ahogyan keletkezett. Hogyan mehet akkor végbe további magreakció, illetve mi vezethet nehezebb elemek szintéziséhez? A megoldást az jelenti, hogy bár a ${}^8\text{Be}$ mag nem stabil, de egy nagyon rövid ideig (mindössze mintegy 10^{-16} másodpercig) létezik, mielőtt elbomlana. 100 millió K hőmérsékleten már nem elhanyagolható annak a valószínűsége, hogy ilyen rövid idő alatt a ${}^8\text{Be}$ újabb ${}^4\text{He}$ magot fogjon be, aminek eredményeként stabil ${}^{12}\text{C}$ mag keletkezik és energia szabadul fel. A folyamat végeredménye tehát három ${}^4\text{He}$ egyesülése ${}^{12}\text{C}$ -né:



Ezt hívjuk háromalfa-folyamatnak, mivel a ${}^4\text{He}$ atommag másik elnevezése az alfa-részecske. A reakció lezajlását megkönnyíti, hogy a ${}^{12}\text{C}$ magban éppen a megfelelő energiánál van egy gerjesztett állapot, ami jelentősen megnöveli a reakció hatáskeresztmetszetét. Ezután a keletkező ${}^{12}\text{C}$ mag újabb alfa-részecskét foghat be, miközben ${}^{16}\text{O}$ keletkezik:



Ez a két folyamat a héliumégés reakciói, ami a hidrogénégés után a csillag működését fenntartó következő epizód. A növekvő Coulomb-gát miatt további reakciók nem zajlanak le. A héliumégésben termelődő energia újra stabilizálja a csillagot, az ismét hidrosztatikus egyensúlyba kerül. Közben pedig létrejön a hidrogén és hélium utáni két leggyakoribb, az általunk ismert élethez is nélkülözhetetlen elem: a szén és oxigén.

További égési folyamatok: elemszintézis a vasig

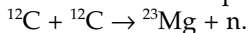
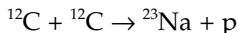
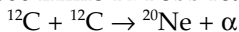
A héliumégés reakcióiban nem termelődik annyi energia, mint a hidrogénégés során, így a csillagot csak jóval rövidebb ideig tarthatja egyensúlyban ez a folyamat. Ez az időtartam jellemzően néhány százmillió év, ami alatt a magban található hélium szén- és oxigénné alakul. Ami ezután történik, azt megint főként a csillag tömege határozza meg. Hasonlóan ahhoz, ami a hidrogénégés végén történt, a héliumégés befejeztével is a mag összehúzódása és melegevé válik kezdetét. Közepes tömegű csillagokban (hozzávetőlegesen 8-9 naptömeg alatt, de ez a szám erősen függ a modellektől, illetve a csillag fejlődése során lejátszódó változatos folyamatoktól) a hőmérséklet nem emelkedik elég magasra ahhoz, hogy újabb magreakciók induljanak be. Így a csillag szén-oxigén fehér törpévé válik, és folyamatosan hűl. Ez a sors vár a mi Napunkra is mintegy 5 milliárd év múlva.

Ha azonban a csillag tömege meghaladja a fenti határt, további égési folyamatok egész sorozata veheti kezdetét. Ezek közös jellemzője, hogy bennük a magreakciók mindig az előző folyamat(ok) végtermékein játszódnak le. Egy nagy tömegű csillag tehát képletesen szólva úgy működik, mint egy a saját hamuját újraégető kályha. Az egymást követő égési folyamatok alatt a csillag hidrosztatikus egyensúlyban van, míg a folyamatok között összehúzódás megy végbe, ami növeli a sűrűséget és a hőmérsékletet, megteremtve ezzel az újabb folyamat lehetőségét.

Anélkül hogy belemennék a részletekbe, felsorolom ezeket az előrehaladott égési folyamatokat, a bennük lezajló lényegesebb magreakciókat, a szükséges hőmérsékleteket, illetve azt, hogy a folyamat végén mi a mag jellemző összetétele.

Szénégés

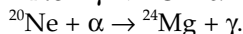
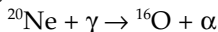
Jellemző hőmérséklet: 600 millió K. Főbb reakciók:



A magban található elemek az égés végén: O, Ne, Na, Mg.

Neonégés

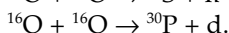
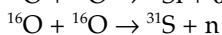
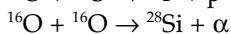
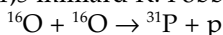
Jellemző hőmérséklet: 1,2 milliárd K. Főbb reakciók:



A magban található elemek az égés végén: O, Mg, Si.

Oxigénégés

Jellemző hőmérséklet: 1,5 milliárd K. Főbb reakciók:



A magban található elemek az égés végén: legfőképpen Si, de sok más is.

Szilíciumégés

Jellemző hőmérséklet: 3 milliárd K. Ebben a folyamatban az óriási hőmérséklet hatására a ^{28}Si magok egy része alfa-részecskékre hullik szét, amelyek ezután számos reakcióban vesznek részt. A magas hőmérsékleten a magreakciókban statisztikus egyensúly áll be, aminek eredményeképpen azok az elemek jönnek létre legnagyobb mennyiségben, amelyek magjában legnagyobb a nukleonok kötési energiája. Ezek az elemek a periódusos rendszerben a vas-nikkel környékén helyezkednek el. De létrejön számos más könnyű elem is, tehát az eddigi égési folyamatok eredményeképpen a periódusos rendszer vasig terjedő tartománya teljesen benépesül.

A nagy tömegű csillagok halála

A szilíciumégés végére a csillag magja nagyrészt vas környéki elemekből áll, amelyek magja a legstabilabb, a magokat alkotó nukleonoknak itt a legnagyobb az egy nukleonra eső kötési energiájuk. Ez azt jelenti, hogy ezeknek a magoknak a további fúziója nem termel, hanem felemészt energiát, tehát nem lehet a csillag energiatermelését fenntartó folyamat alapja. A csillag végleg kifogy az energiaforrásból, a gravitáció kíméletlen összehúzó ereje győzedelmeskedik, és a csillag magja összeroskad. Egyre növekvő hőmérsékletű és sűrűségű közegben az atommagok egy része nukleonjaira hasad szét, a protonok elektronokat befogva neutronokká alakulnak. Ennek következtében csökken az elektrongáz nyomása, ami tovább gyorsítja az összeomlást. Nincs erő, amely megállíthatná ezt a folyamatot egészen addig, míg a csillag magjának a sűrűsége megközelíti az atommag sűrűségét. Ezt az anyagot nem lehet tovább összenyomni, a befelé zuhanó anyag erről a magról mint egy kemény rugóról visszapattn, egy kifelé mozgó lökeshullámot hozva létre. Lejátszódik az Univerzum egyik leglátványosabb és legnagyobb energiafelszabadulással járó jelensége, a szupernóva-robbanás.

Ez a nagy tömegű csillagok szupernóva-robbanásának jelenleg elfogadott, ám erősen leegyszerűsített képe. A folyamat ennél sokkal bonyolultabban játszódik le, sok részlete még maig sem tisztázott, intenzív tudományos kutatómunka folyik e területen a jelenség jobb megértése érdekében. Érdemes megjegyezni, hogy a csillagászok által megfigyelt szupernóvák közül csak az Ib, Ic és II típusú szupernóvák robbanása játszódik le a fent leírt módon. Az Ia típusú szupernóvák kettős csillagrendszerekben jönnek létre egészen más mechanizmus által.

A szupernóva-robbanás során a csillag anyagának jelentős része szétszóródik a csillagközi térbe. Ez az anyag már tartalmazza a csillag által megtermelt nehézelemeket is. Ily módon a szupernóva mintegy megtermékenyíti a csillagközi gázt, az abból kialakuló újabb csillagpopulációk, illetve a csillagok mellett esetleg létrejövő bolygók már tartalmaznak például az élet kialakulásához nélkülözhetetlen nehezebb elemeket. A robbanás után a csillagból a körülményektől függően vagy neutroncsillag (amit esetleg pulzárként megfigyelhetünk), vagy fekete lyuk marad vissza.

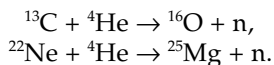
Röviden a még nehezebb elemek kialakulásáról

A cikk eddigi részében áttekintettem, milyen magreakciók játszanak szerepet egy csillag energiatermelésében, illetve milyen reakciók járulnak hozzá a kémiai elemek vasig terjedő tartományának kialakulásához. Nem volt még szó azonban a kémiai elemek majd' kétharmadának, nagyjából a cinktől az uránig terjedő mintegy 50 elem – összefoglaló néven a *nehéz elemek* – kialakulásáról. Ezek kialakulásáért is magreakciók a felelősek, de mint látni fogjuk, az eddigiektől eltérő módon.

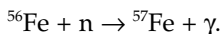
A nehéz elemek földünkön megfigyelt gyakorisága meglehetősen alacsony, mindössze minden húszmillióból egy atom tartozik ebbe a kategóriába. Ez a tény azt sugallja, hogy kialakulásukhoz valamely másodlagos folyamat vezetett. A nehéz elemek kialakulásáról önmagában is könnyedén lehetne egy jelen cikk hosszúságú fejezetet írni, így itt most csak nagy vonalakban lehet szó a keletkezésükről.

A csillagokban zajló minden eddig tárgyalt reakció töltött részecskék részvételével zajlott, ahol tudjuk, hogy a Coulomb-gátnak meghatározó szerepe van. A vasnál nehezebb elemek esetén a Coulomb-gát már olyan magas, hogy még több milliárd K hőmérséklet mellett is igen kis hatáskeresztmetszettel tudnak végbemenni a reakciók. Ráadásul azt is láttuk, hogy a vason túl a fúziós reakciók nem járnak energiafelszabadulással.

Ezen két ok miatt a nehéz elemek szintézise nem mehet végbe kizárólag töltött részecskék részvételével. Az atommagnak van egy elektromosan semleges összetevője, a neutron. Ha ez megtalálható a csillag plazmájában, akkor – mivel rá nem hat az elektronos tasztítás, tehát nincs jelen a Coulomb-gát – könnyen befogódhat más atommagokban. Mivel azonban a szabad neutron nem stabil, mintegy 10 perces felezési idővel protonná bomlik, ezért folyamatosan termelni kell, hogy szerepet játszasson az elemszintézisben. A csillagfejlődés különböző szakaszaiban lejátszódnak neutrontermelő reakciók. Ezek közül a két legfontosabb:



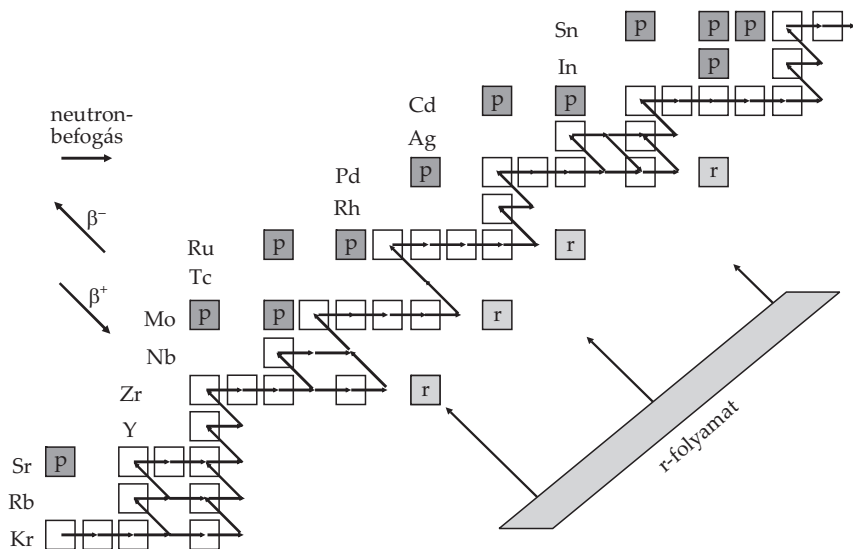
Ha a csillagban ezzel egyidejűleg jelen van korábbi csillaggenerációk által megtermelt vas, akkor ebből kiindulva sorozatos neutronbefogások mehetnek végbe. Ez a jelenség az úgy nevezett *s-folyamat* (az s az angol slow – lassú – szóra utal, jelezve, hogy a neutronbefogások lassan mennek végbe). A vason kiindulva az első ilyen reakció tehát így néz ki:



Az egymás utáni neutronbefogások során előbb-utóbb radioaktív izotóp képződik, ami béta-bomlás révén egyel nagyobb rendszámú elemmé alakul. Ezután újabb neutronbefogás következhet. A folyamat tehát a nehezebb elemek irányába halad.

A 6. ábra szemlélteti a nehéz elemek keletkezésének folyamatát a magtáblázat egy szűkebb tartományában. Az s-folyamat a neutronbefogások és béta-bomlások révén a stabilitási sáv mentén halad a nagyobb rendszámú elemek irányába. Ezt jelzi az ábrán a cikcakkos nyíl, valamint az s-folyamat által termelt izotópok láthatók üres négyszögekként ábrázolva. E sávtól mind jobbra (a neutrongazdag oldalon), mind a balra (a protongazdag oldalon) találhatók olyan stabil izotópok, amelyek nem jönnek létre az s-folyamat során. Ezeket jelzik p és r betűk a megfelelő négyzetekben, utalva a keletkezésükért felelős folyamatra.

Az r-izotópok szintén neutronbefogási reakciók által jönnek létre, ám az s-folyamattól eltérő körülmények között. A csillagfejlődés előrehaladottabb szakaszaiban, nagy valószínűséggel szupernóva-robbanások során fennállhatnak olyan körülmények, amikor a s-folyamatnál tapasztaltnál képest több nagyságrenddel nagyobb neutronsűrűség jön létre. Ennek az a következménye, hogy az egymást követő neutronbefogások



6. ábra. A nehéz elemek szintézise. A magtáblázat e szűk részletében a stabil magokat jelölő négyzetekben a betűjel az adott izotóp szintézisének folyamatára utal.

olyan rövid időskálán zajlanak le, hogy a béta-bomlásoknak „nincs idejük” lezajlani, így erősen neutrongazdag, radioaktív magok keletkeznek. A folyamatnak csak az szab határt, amikor már olyanryra neutrongazdag mag keletkezik (a nukleon-elhullatási vonal közelében), hogy további neutronbefogásra már kicsi az esély. Ekkor a folyamatnak „várnia kell” a béta-bomlásra. Ez az úgynevezett *r-folyamat* (rapid – gyors), ami tehát a magtáblázat erősen neutrongazdag oldalán zajlik. Miután a nagy neutron-sűrűség megszűnik, a magok sorozatos béta-bomlásokkal jutnak vissza a stabilitási sávba, létrehozva ekképpen az ábrán r-rel jelölt magokat. Az r-folyamat sok részlete, így például a lejátszódásának pontos helyszíne még ma sem tisztázott és intenzív kutatások tárgya.

Szintén kevésbé pontosan ismert az ábra bal oldalán feltüntetett úgynevezett p-izotópok szintézise. Ezek az izotópok igen kis gyakoriságúak, és a jelenleg elfogadott elmélet szerint keletkezésükben (az összefoglaló néven *p-folyamat*nak nevezett jelenségben) nagy energiájú γ -fotonok által kiváltott magreakciók játsszák a fő szerepet. Magas hőmérsékletű környezetben (például jelen esetben is egy szupernóva során) a hőmérsékleti sugárzás fotonjai olyan nagy energiájúak lehetnek, hogy (γ, n) reakciókkal

képesek a nehéz magokból neutronokat kiszakítani, miáltal azok protonban gazdagabbakká válnak. Sorozatos ilyen reakciók – kiegészülve egyéb folyamatokkal – létrehozhatják a p-izotópokat.

Zárszó

Ebben a cikkben a magfizika szemszögéből röviden áttekintettem azokat a legfontosabb folyamatokat, amelyek hozzájárulnak egy csillag energiatermeléséhez, fejlődéséhez, illetve a világunkat felépítő kémiai elemek szintéziséhez. Láthattuk, hogy a természet bizonyos szempontból legfontosabb energiája az „atomenergia”: a csillag fejlődésének minden állapotában magreakciók biztosítják a csillag működéséhez szükséges energiát, miközben előállítják az Univerzumot alkotó nehezebb kémiai elemeket az ősrobbanás által – szintén magreakciók révén – megtermelt hidrogénből és héliumból. Hely hiányában nem tudtam kitérni a magreakciók vizsgálatának fontosságára, ami a magfizika feladata. Ha jobban meg akarjuk érteni a csillagok működését, akkor a bennük lezajló magreakciók különböző tulajdonságait kell vizsgálni mind elméletileg, mind földi körülmények között elvégezhető kísérletek által. Két látszólag igen távoli tudományterület, a csillagászat és a magfizika kapcsolatának köszönhetően ma már elég jól ismerjük a csillagok működését. Sok azonban még a tisztázatlan kérdés, így a nukleáris asztrofizika, az asztrofizikai jelentőségű magreakciók vizsgálata a XXI. században is nagy jelentőségű tudományterület marad.

Irodalom

Burbidge, E. M., Burbidge, G. R., Fowler, W. A., Hoyle, F.: *Reviews of Modern Physics* 29, 547 (1957)

Fényes T.: *Atommagfizika*. Debreceni Egyetem, Kossuth Egyetemi Kiadó (2005)

Fülöp Zs., Gyürky Gy.: *Az elemek születése. Szemelvények a nukleáris tudomány történetéből*. Akadémiai Kiadó, Budapest (2009)

Wallerstein, G. et al.: *Reviews of Modern Physics* 69, 995 (1997)

Woosley, S. E., et al.: *Reviews of Modern Physics* 74, 1015 (2002)

Internetes honlapok

<http://en.wikipedia.org/wiki/Nucleosynthesis>

http://en.wikipedia.org/wiki/Stellar_evolution

http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/articles/fusion/index.html

<http://helios.gsfc.nasa.gov/nucleo.html>

http://www.tufts.edu/as/wright_center/cosmic_evolution/docs/fr_1/fr_1_stel.html

FREY SÁNDOR

Kettős aktív galaxismagok

A kölcsönhatások (ütközések) és összeolvadások a galaxisok hosszú „életének” természetes velejárói. A galaxisok kialakulása, fejlődése a jelenlegi elképzeléseink szerint fokozatosan, a kisebbtől a nagyobb struktúrák felé haladva, növekedve történt. A sok százmilliárdnyi fényes csillag, a csillagközi gáz és por, és a csak az elektromágnesesen sugárzó anyagra kifejtett tömegvonzása révén feltételezhető úgynevezett sötét anyag mellett a galaxisok fontos alkotóeleme a középpontjukban található mag. Lényegében minden „komoly” galaxis centrumában van egy fekete lyuk, amelyet szokás a „szupernagy tömegű” állandó jelzővel illetni.¹ Nem véletlenül, hiszen a galaxismagok tömege az egymilliótól az egymilliárd naptömegig terjedő nagyságrendekbe eshet. Ami különösen érdekes, hogy a galaxismagok és maguk a galaxisok szépen együtt növekednek. A megfigyelések szerint tömegeik között szoros összefüggés áll fenn: minél nagyobb egy galaxis – pontosabban az elliptikus galaxisokhoz hasonló szerkezetű központi dudor –, annál nagyobb benne a centrális fekete lyuk is (Ferrarese és Merritt, 2000). Ez arra utal, hogy a fekete lyukak növekedése és a galaxisok „hízása” egy és ugyanazon folyamat eredménye.

Ha igaz az, hogy az egymáshoz kellően közel kerülő galaxisok – minden összetevőjükkel, így végül a magjaikkal együtt – összeolvadnak, akkor a sok megfigyelt eset között létezni kell olyanoknak is, ahol ez a folyamat még nem zajlott le teljesen. Vagyis várható, hogy itt-ott látunk majd kettős galaxismagokat, amelyek egy tipikus galaxis méretének megfelelő távolságon belülre kerültek egymáshoz. De hogyan, milyen mérések alapján szerezhetünk tudomást a kettős galaxismagokról? Egyáltalán

¹ Gyakran találkozhatunk a „szupernehéz” fekete lyuk megnevezéssel is, ami alatt persze ugyanezt értjük, csak a megfogalmazás egy kicsit szerencsétlen. A jelző ugyanis valamilyen képp azt sugallja, mintha meg tudnánk mérni e hatalmas objektumok *súlyát*. Erre használható mérleg azonban nincs, s nem is szerencsés még ilyen módon sem összekeverni a súly és a tömeg fogalmát.

léteznek-e ilyenek, s ha igen, mekkora számban? Milyen következtetéseket lehet ebből levonni a galaxisfejlődés folyamatára, vagy a galaxismagok aktivitására vonatkozóan? Ezekre a kérdésekre keressük a választ ebben a cikkben.²

Összeolvadó galaxisok – hol vannak a magok?

A csillagászati könyvekben látható felvételek a galaxisokat többnyire ragyogó, magányos csillagszigetekként ábrázolják. Azonban nem mindig ilyen nyugodt, háborítatlan a kép. A galaxisok közeli találkozása, összeolvadása nyomán látványos alakzatok formálódnak, új csillagkeletkezési hullámok indulnak el. A közeli Univerzumban nagyjából minden ezredik nagyméretű galaxisra jut egy ütköző pár. Távolabbra, az időben visszafelé tekintve a kölcsönható galaxisok sokkal gyakoribbak voltak. (Itt érdemes megemlíteni, hogy saját Tejútrendszerünk és a közeli Androméda-galaxis sorsa is az ütközés lesz. Egyelőre azonban nem érdemes pánikba esni emiatt, a becslések szerint vagy 3–4 milliárd év még biztosan eltelik addig.) Szokás a galaxisok összeolvadását ütközésnek is nevezni, bár arról nincs szó, hogy a galaxisokban levő csillagok ténylegesen, a szó hétköznapi értelmében is összeütközzenek egymással. Ehhez túlságosan ritkán töltik ki a teret. Ami sokkal inkább alakítja az összeolvadó galaxisokat, az a tömegvonzás, illetve a dinamikai súrlódás. Ez utóbbi a csillagközi gáz- és poranyagban való áthaladáskor lép fel, annak gravitációs hatására, s eredménye a perdület és a mozgási energia elvesztése (1. ábra a színes melléklet XIV–XV. oldalán).

De mi történik az ütköző galaxisok magjaival? Az első szakaszban a dinamikai súrlódás miatt a két különálló galaxismag egyre közelebb kerül a rendszer közös tömegközéppontjához. Később a gravitációs lendítő hatásuk következtében nagy sebességgel csillagok „repülnek ki” a környezetükből, miközben a nagy tömegű fekete lyukak egyre erősebben kötődnek egymáshoz. A végső fázisban, amikor már elég közel keringenek egymáshoz, a gravitációs hullámok szállítják el a leghatékonyabban az energiát és a perdületet a rendszerből: a két fekete lyuk végül egybeolvad (Merriitt és Milosavljević, 2005). Az összeolvadó szupernagy tömegű fekete lyukak a várható legerősebb gravitációshullám-források, amelyeknek a detektálására a világűrbe telepített lézer-interferométeres űrszonda-

² A rádiósugárzó aktív galaxismagokkal kapcsolatos vizsgálatainkat az OTKA K72515 sz. projektje támogatja.

rendszer (Laser Interferometer Space Antenna, LISA) nyújthatna esélyt.³ Hogy pontosan meddig is tartanak ezek a fejlődési szakaszok, távolról sem világos még. Egyes szimulációk és modellszámítások szerint a fekete lyukak igen lassan kerülnek egymástól néhány parszekes távolságon belülre. Élettartamuk jó részét nagyobb távolságokban, oda mintegy „beragadva” töltik. Ennek az úgynevezett utolsó parszek problémának az lenne a következménye, hogy nemigen detektálhatnánk az összeolvadásukra utaló gravitációs hullámokat. A megfigyelések alapján azonban gyanítható, hogy nincsen feltűnően sok ilyen beragadt kettős (Burke-Spolaor, 2011), vagyis a természet mégis megoldja valahogy, hogy a fekete lyukak időben összeolvadjanak.

Közvetett okoskodással annyi mindenesetre biztosnak tűnik, hogy az Univerzum korához képest gyorsan lezajlik a teljes összeolvadás. Ellenkező esetben számos kettősből kibodódnának a szupernagy tömegű fekete lyukak, egy közel jutó harmadikkal való kölcsönhatás következtében. A megfigyelések azonban nemigen mutatnak központi fekete lyuk nélküli galaxisokat.

Egy galaxismagot akkor igazán könnyű „meglátni”, ha aktív. Ez azonban csak egy nagyon kis, a vizsgált kozmológiai kortól (vöröseltolódástól) is függő hányadukra igaz. Az aktivitás annyit tesz, hogy az elektromágneses sugárzás valamely tartományában – általában több hullámsávban is – a normálisnál lényegesen nagyobb teljesítményt sugároz ki az adott galaxismag. (A Tejútrendszer centrumában egy közel 4 millió naptömegnyi, de jelenleg nyugodt fekete lyuk található, amelyet ezért nagyobb távolságból, egy távoli galaxisban már nehezen tudnánk megfigyelni. Az Androméda esetén százmillió naptömegnyi, ugyancsak inaktív magról lehet szó.)

A galaxismagok aktivitásának, a kis térrészből származó óriási teljesítménynek a hátterében a szupernagy tömegű fekete lyukba a közvetlen környezetéből bejutó anyag áll.⁴ E behulló anyag egy gyorsan forgó, lapult anyagbefogási (akkréciós) korongban gyűlik össze, amelyben minél közelebb jutunk a fekete lyukhoz, annál magasabbá válik a hőmérséklet. Az 1 pc-es távolságon belül levő korong egyre belsőbb részeiből indul látható, ultraibolya, illetve röntgensugárzás is. Az anyagbefogási folyamat hatásfokát nem szabad lebecsülni: a bespirálózó anyag nyugalmi tömegének megfelelő

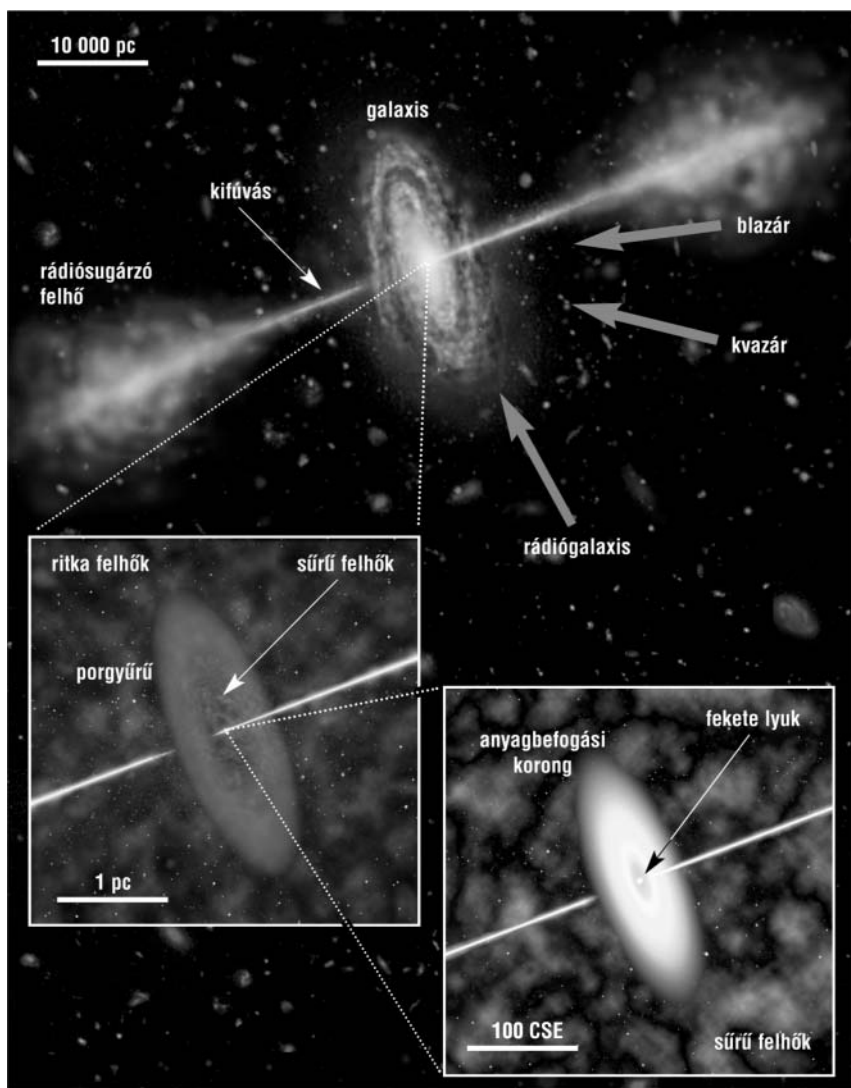
³ A LISA amerikai és európai együttműködésben megvalósítani tervezett, három, a Nap körül keringő űreszközből álló rendszer. A gravitációshullám-átthaladások észlelésének alapelve, hogy az egyenlő oldalú háromszög alakzatban repülő űrszondák közötti körülből 5 millió kilométeres távolságokat igen nagy pontossággal mérnék. Az amerikai űrhivatal (NASA) 2011. áprilisi bejelentése, miszerint pénzügyi okokból kiszáll a programból, veszélyezteti, de legalábbis tovább késlelteti a LISA megvalósítását.

⁴ Lásd Meteor csillagászati évkönyv 2003, 222. o.

energia ($E = mc^2$) körülbelül 10%-a szabadul itt fel. (Ez sokkal hatékonyabb, mint a csillagok energiatermelését biztosító magfúzió, ahol a hatásfok fél százalék körüli.) A befelé hulló anyag egy része sem a fekete lyukban végzi, hanem – bizonyos esetekben – az erős mágneses tér hatására, a forgástengely mentén két áttellenes irányban kidobódik. A mágneses térben közel fénysebességgel mozgó, elektromosan töltött részecskék keltik a rádiótartományban feltűnő szinkrotronsugárzást. A rendszerint keskeny térszögben haladó, jól irányított egyenes plazmakilövellés (jet) hatását jóval a látható fény tartományában megfigyelhető galaxis határain túl, esetenként a centrumtól akár megaparszekes távolságban is észlelni lehet.

Visszatérve a centrumba, a galaxismag tágabb (néhány parszekes) környezetét gyorsan keringő, ionizált gázfelhők népesítik be, amelyekből széles optikai emissziós vonalak származnak. A keskeny emissziós vonalak akár kiloparszekes távolságban levő, tehát lassabban keringő, kisebb sűrűségű gázfelhőkből erednek. Az ionizációért a „belülről” érkező intenzív sugárzás a felelős. Az aktív galaxismagok e vázlatos modelljéhez még hozzátartozik egy porgyűrű vagy tórusz, amely kitakarhatja figyelő műszereink elől a legbelső régiókat, ha a rendszer szimmetriasíkja a térben úgy helyezkedik el, hogy épp a látóirányunkhoz közel esik (2. ábra). Ez az egyik oka, hogy a különböző típusú aktív galaxismagokat egész másnak láthatjuk attól függetlenül, hogy milyen irányból tekintünk rájuk – még akkor is, ha belső fizikai tulajdonságaikat tekintve egymáshoz hasonlóak lehetnek. (A másik fontos ok, hogy ha a fekete lyuk forgástengelyének irányában induló plazmakilövellés közel a látóirányunkba mutat, akkor fényessége az úgynevezett relativisztikus nyalábolás miatt lényegesen felerősödik.)

Érdekes kérdés, hogy mennyi ideig maradhat fenn egy szupernagy tömegű fekete lyuk körüli aktivitás. A dolog nyilván idővel leáll, ha már nem akad a közvetlen közelben olyan anyag, amit a fekete lyuk elnyelhet. Ugyanakkor az sem elképzelhetetlen, hogy egy már kialudt aktív galaxismag újraindul. A „motor”, vagyis a fekete lyuk helyben van, csak az „üzemanyag” utánpótlásáról kell gondoskodni. Erre kiválóan alkalmas lehet egy közel kerülő (ütköző) szomszédos galaxis, amelyből akár közvetlenül, akár az árapályerők hatására az anyagagalaxisból újra veszélyes közelségbe juthat valamilyen anyag a fekete lyukhoz, ismét beindítva az akkréciót. Léteznek olyan elképzelések, melyek szerint a legnagyobb teljesítményű aktív galaxismagok (kvazárok) ragyogása mögött lényegében mindig a hasonló méretű galaxisok összeolvadása áll. Mindenesetre a kvazárok nagyjából 100 millió év alatt hunyhatnak ki (Hopkins és Hernquist, 2009). Egyedi esetekben a pontos szám természetesen függ a központi fekete lyuk tömegétől és az anyagbefogás gyorsaságától is. Az erős



2. ábra. Az aktív galaxisok vázlatos modellje, amelynek alapján meg lehet magyarázni a látóiránytól függően megfigyelhető vagy nem megfigyelhető jelenségeket. Az eseteknek csak egy töredékében keletkezik rádiókifúvás; enélkül rádiócsendes aktív galaxismagokról beszélünk.

rádiósugárzó kilövellések aktivitási ciklusa még ennél is rövidebb, talán néhány tízmillió évig tarthat ott, ahol bekövetkezik.

Ha visszatekintünk a táguló Univerzum történetére, kiderül, hogy volt olyan időszak (a $z = 2$ vöröseltolódásnak megfelelő, körülbelül 10 milliárd évvel ezelőtti korszak), amikor a mostaninál lényegesen (akár tízezerszer) nagyobb volt az aktív galaxismagok előfordulásának valószínűsége (Kormendy és Ho, 2001). Akkoriban a galaxisok is sűrűbben helyezkedtek el, sokkal nagyobb volt a közeli találkozások esélye. Mára a galaxisütközések ritkábbá váltak, mint ahogy az aktív galaxismagok is.

Duplán és aktívan

Az eddigiekből talán már sejthető, hogy egymáshoz közeli (vagyis a galaxisok méretére jellemző távolságon belül került) kettős aktív galaxismagokat nem feltétlenül könnyű találni. Ha érvényes is az alapmodell, miszerint az aktivitást végső soron a galaxisütközés váltja ki, sok múlik az időzítésen. Mennyi idő telik el, amíg a „motor” beindul, és meddig tart ki az aktivitás? Előfordul-e egyáltalán, hogy mindkét különálló galaxismag egyszerre, egy időben aktív lesz, még mielőtt bekövetkezne végső egybeolvadásuk? Mint mindig, most is sokat segíthetnek a megfigyelések, amelyek a fizikai modellekkel és szimulációkkal össze lehet vetni. Ha például a megfigyelhető kvazárok túlnyomó többsége kettős lenne, abból arra következtethetnénk, hogy az anyag akkréciója és a fekete lyukak hízása már korán, a folyamat legelejétől kezdve megindul. Ha ellenben kizárólag egyedülálló kvazárokat ismernénk, okkal feltételezhetnénk, hogy csak az összeolvadásukat közvetlenül megelőző vagy az azutáni időszakra tehető az aktivitási ciklusuk beindulása.

Az igazság valahol a két szélsőséges forgatókönyv között van. A kettős aktív galaxismagok – vagy sokszor inkább a reménybeli jelöltek – nem igazán gyakoriak, de azt sem lehet mondani, hogy egyáltalán ne léteznének. Lássunk néhány lehetséges módszert, amellyel „tetten lehet érni” őket!

A legjobb bizonyíték természetesen az, ha két különálló, egymáshoz közeli aktív galaxismagot sikerül térben is felbontva megfigyelni. A Sloan Digitális Égboltfelmérés⁵ (SDSS) keretében százezres nagyságrendben készültek színeképek kvazárokról, amelyek alapján meg lehet állapítani azok színekpvonalainak vöröseltolódását. A vöröseltolódást az Univerzum tágulása okozza, s a megfelelő kozmológiai modell alapján informál

⁵ Lásd Meteor csillagászati évkönyv 2008, 266. o.

bennünket az objektum tőlünk mért távolságáról. Ezer körüli olyan kvazárpárt találtak az SDSS adatbázisában, amelyek tagjainak vöröseltolódása megegyezik, és az égbolton is elég közel látszanak egymáshoz ahhoz, hogy fizikailag összetartozónak tekinthessük őket (Foreman és tsai, 2009; Liu és tsai, 2011). Ezek legtöbbször távolsága egymástól jellemzően 30 kiloparszek (vagyis galaxisméreten belüli), de néhány száz kiloparszekes értékek is előfordulnak a mintában. (Az SDSS korlátozott felbontása miatt 5–10 kpc-nél közelebb látszó objektumokat nemigen lehet megkülönböztetni.) A kettős kvazárok kis számarányára többféle magyarázat képzelhető el, de a legvalószínűbbnek az tűnik, hogy a két összeolvadó rendszer magjában nem egyszerre indul be az aktivitás. Így előfordulhat, hogy az összeolvadás hosszabb időskáláján az egyik, majd a másik eltérő időszakban mutat aktivitást – kettős kvazárként tehát sohasem figyelhetjük meg őket. Az sincs természetesen kizárva, hogy a galaxismagok aktivitását mégsem minden esetben csak galaxisütközések válthatják ki.

Egymáshoz már közelebb került aktív magok felbontására leginkább a tőlünk nem túl távoli galaxisokban lehet esélyünk. Az első ilyen eset az NGC 6240, egy jól ismert ultrafényes infravörös galaxis (Ultraluminous Infrared Galaxy, ULIRG) volt. A látvány alapján egyértelmű, hogy a mostanra már egynek látszó galaxis komplex szerkezete két kisebb galaxis összeolvadása során alakulhatott ki. (A Hubble-űrtávcső felvételei között, az 1. ábrán az NGC 6240 a második sor bal szélén látható.) Az objektumnak ugyanakkor kettős magja van. A magok színképe az optikai tartományban ugyan nem mutatja az aktivitás jeleit, de a Chandra röntgenszillogászati műhellyel sikerült betekinteni az elnyelő anyag mögé, és a nagy felbontásának köszönhetően kideríteni, hogy mindkét magban egy-egy röntgensugárzó aktív galaxismag bújkol meg (3. ábra a színes melléklet XIII. oldalán) (Komossa és tsai, 2003). Távolságuknak az égbolt síkjára eső vetülete alig másfél parszek, sorsuk pedig a teljes összeolvadás – amire még néhány százmillió évig kell várni.

Egy másik lehetőséget kínál a kettős térbeli felbontására, ha a két aktív galaxismag egyúttal erős rádiósugárzó is. Ebben az esetben be lehet vetni az interferométeres technikát. Az egymástól akár kontinensnyi távolságban elhelyezett rádióteleszkópok hálózatával⁶ végzett, úgynevezett nagyon hosszú bázisvonalú interferométeres (VLBI) mérések alapján a kiloparszekes távolságban vagy ezen jóval belül elhelyezkedő kvazárok még nagy kozmológiai távolságokban is könnyűszerrel megkülönböztethetők. Kár, hogy az ilyen rádióhangozók ritkák, mint a fehér holló. A

⁶ Lásd Meteor csillagászati évkönyv 1998, 178. o.

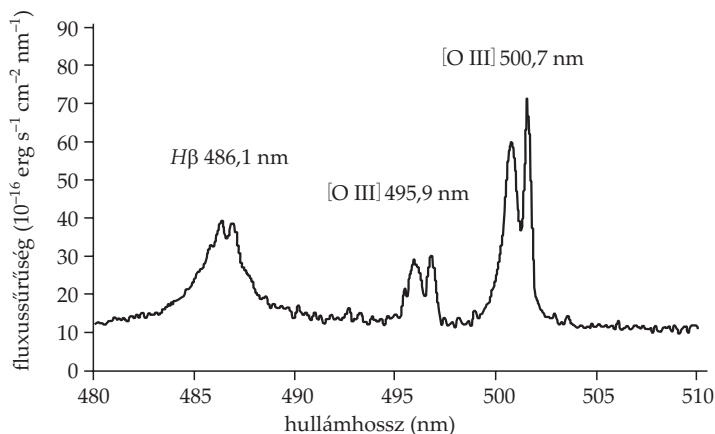
fényes, kompakt rádiósugárzó aktív galaxismagokból álló szoros párok egyetlen ismert példányára, a 0402+379 jelűre korábban véletlenül bukkantak rá (Rodríguez és tsai, 2006). Itt a távolság 7,3 pc. Újabban egy több mint háromezer objektumra vonatkozó archív adathalmaz módszeres átvizsgálása után sem sikerült több ilyen találni (Burke-Spolaor, 2010).

Egy újabb „reményteljes” kategóriában, a dupla csúcsú, keskeny optikai emissziós színképvonalakat mutató kvazárok közül egyes becslések szerint legfeljebb minden századik lehet olyan, amelyben egyáltalán kettős kompakt, VLBI technikával detektálható rádióforrást találunk (Tingay és Wayth, 2011).

Közvetett árulkodó jelek

De hogyan jönnek ide az emissziós színképvonalak? Korábban említettük, hogy a központi fekete lyuk körüli térségben gázfelhők keringenek. A centrumból érkező sugárzás gerjeszti az emissziót, például a kétszeresen ionizált oxigén [OIII] 495,9 és 500,7 nm-es tiltott vonalában. Tegyük fel, hogy két szupernagy tömegű fekete lyuk kering egymás közelében, s mindkettőnek megvannak (még) a maga saját különálló gázfelhői. Ilyenkor a kvazárok látóirányú sebessége eltérő lehet, ami megmutatkozik abban, hogy a hozzájuk tartozó gáz színképvonalainak vöröseltolódása is különböző. A keskeny színképvonalak csúcsa tehát kettéválik (4. ábra). A csúcsok helye között mérhető hullámhosszkülönbség utal a radiális sebességben meglevő eltérésre.

Az SDSS-ben összegyűjtött számos kvazárszínképből válogatva az elmúlt években a jelenséget sokan kezdték el vizsgálni (például Smith és tsai, 2010). Százas nagyságrendben akadtak „gyanús” színképvonalakat mutató objektumok. A módszer ugyanakkor nem csálthatatlan: sajnos a színképvonalak megkettőződéséért más fizikai folyamatok is felelősek lehetnek, nem csak a közös tömegközéppont körül keringő kettős fekete lyukak. A keskeny emissziós vonalakat produkáló régiót egyetlen, magányos központi fekete lyuk körül is megbolygathatja valami. Alapesetben egyszerűen csak a gázfelhőknek a mag körüli keringése a jellemző. Ilyenkor – a különböző részek kicsit eltérő látóirányú sebességei miatt – a színképvonalak kiszélesednek. Ha viszont valamilyen anyagkifúvás is van a rendszerben, akkor a két jellegzetes, ellenkező irányú – egy távolodó és egy közeledő – sebesség miatt a vonalprofil ugyancsak megkettőződhet. A gáz kiáramlására utalhat például a rádiókifúvás megjelenése. (Talán nem véletlen, hogy a rádiósugárzó kvazárok optikai színképében háromszor gyakrabban fordulnak elő a kettős [OIII] emissziós vonalak, mint a rádió-



4. ábra. Példa a kétszeresen ionizált oxigén két keskeny és a hidrogén széles H β vonalának megkettőződésére: a J1425+3231 jelű kvazár (Peng és tsai, 2011) SDSS színeképének egy részlete, a $z = 0,478$ vöröseltolódás figyelembevételével a kvazár saját rendszerébe transzformálva.

csendes kvazárokéban.) Mindenesetre akár az is előfordulhat, hogy a kettős csúcsú vonalakért csak körülbelül minden tizedik esetben okolhatók a dupla galaxismagok (Liu és tsai, 2011).

A széles emissziós vonalak – amelyek tehát a központi fekete lyukhoz közelebb, így nagyobb sebességgel keringő régióból erednek – ugyancsak megkettőződhetnek. Hogy a jelenség értelmezésével óvatosan kell bánni, arra jó példa egy a közelmúltban a tekintélyes Nature folyóiratban megjelent publikáció (Boroson és Lauer, 2009) és annak utóélete. A cikkben a szerzők azt állították, hogy számtalan SDSS színekép átvizsgálása után rábukkantak egy igen figyelemreméltó galaxismagra: a J1536+0441 jelű objektumban két szupernagy tömegű fekete lyuk keringhet, csupán alig 100 éves periódussal, egymástól mindössze 0,1 parszek távolságban. A két színeképvonal-csúcs távolságából 3500 km/s radiális sebesség-különbség adódott. Ennyire szoros, a végső összeolvadáshoz már nagyon közel álló kettős aktív galaxismagot még sosem sikerült találni.

Valószínűleg most sem... Amint az a nagy felfedezéseknél gyakran lenni szokott, az alternatív magyarázatok napokon belül megjelentek, s a vita jelenleg sem zárult még le a szakirodalomban. Időközben születtek érdekes új megfigyelések is, amelyek közül egyet emelünk ki. VLBI technikával, igen nagy felbontással feltérképezték a J1536+0441-et (Bondi és Pérez-Torres, 2010). Sikerült is ott találni két kompakt rádióforrást, még

ha viszonylag halványakat is. Úgy tűnik tehát, hogy tényleg kettős aktív galaxismagról van szó. Csakhogy az egymástól mért távolságuk nem 0,1 parszek (ezt még ezzel a módszerrel sem tudták volna felbontani), hanem ötvenezereszer nagyobb, mintegy 5 kiloparszek. Az eredeti magyarázat tehát bizonyára nem helytálló. Nem nehéz megjósolni, hogy a J1536+0441 még egy ideig a figyelem középpontjában marad.

A kettős, szupernagy tömegű fekete lyukak jelenlétére utalhatnak még más, ugyancsak közvetett bizonyítékok is. Ezek közös jellemzője, hogy – csakúgy, mint a dupla csúcsú emissziós vonalak esetében – korántsem csak egyetlen magyarázat jöhet szóba velük kapcsolatban. Nagy ritkán egyes kvazárok fényességváltozásai elég szigorú periodicitást mutatnak. A legismertebb példa erre az OJ 287 jelű erős rádióforrás, amelynek az optikai fénygörbéje közel 12 éves periódussal változik. Ugyanakkor a VLBI technikával évtizedeken át megfigyelt rádiókifúvás iránya is hasonló periódusú változáson megy keresztül. Az egyik fekete lyuk környezetéből induló plazmakifúvás a forgástengely precessziója miatt indulhat mindig más-más irányba. Ha az OJ 287-ről kialakított elképzelés valós, ott már olyan kicsi a távolság a két galaxismag között, hogy az egyik időnként áthalad a társa anyagbefogási korongján.

A VLBI rádióterképeken egy sor kompakt rádióforrás mutat csavarvonalban kifelé terjedő plazmakifúvásokat. Elképzelhető, hogy ezekben az esetekben is egy másik, közeli aktív galaxismag zavaró hatásáról van szó, ami a fekete lyuk forgástengelyének vagy az anyagbefogási korongnak a precesszióját okozhatja. Nagyobb, akár több száz kiloparszekes méretskálán tűnnek fel az úgynevezett X alakú és a dupla-dupla rádióforrások. Az előbbiekre két, egymással jelentős szöget bezáró kiterjedt rádiószerkezet jellemző (5. ábra a színes melléklet XIII. oldalán). A jelenségnek – más szóba jöhető modellek mellett – létezik egy olyan értelmezése, hogy a galaxismag valaha volt aktivitása egyszer leállt. Ennek a maradványa a külső részeken még halványan ki-vehető rádiósugárzás. Majd még mielőtt az előző aktivitás nyoma végleg elenyészett volna, újraindult. De ekkor már lényegesen eltérő irányba lövelltek ki a rádiónyalábok, mivel egy időközben történt feketelyuk-összeolvadás következtében a központi „motor” forgástengelye elfordult. Elméleti számítások szerint az ilyen tengelyelfordulás az összeolvadás természetes velejárója (például Gergely és Biermann, 2009). A nagyjából egy egyenesbe eső struktúrát mutató dupla-dupla rádiógalaxisoknál szinte biztosra vehető az egyszeri újraindulás. Sőt már ismert egy olyan eset is, ahol kétszer állhatott le a rádiókifúvás, majd kétszer indult újra. Itt a plazmakilövellés iránya (legalábbis annak az égboltra eső vetülete) nem térült el számottevően, mint ahogy azt az X-alakú rádióforrások esetében feltételezhetjük.

Összefoglalás

Az általánosan elfogadott kép szerint egyrészt a legtöbb galaxis közepén szupernagy tömegű fekete lyuk található. Másrészt a nagy galaxisok a kialakulásuk során összeolvadásokon mennek át, s a magok egyesülése – ami erős gravitációs hullámok kibocsátásával kell, hogy járjon – a megfigyelhető Világegyetem koránál rövidebb időskálán lezajlik. Mindezek alapján kell lenniük olyan galaxismagoknak is, amelyek még nem váltak eggyé, jelenleg „szoros” kettősként figyelhetők meg. Közvetett, de közvetlen bizonyítékaink is vannak arra, hogy ilyen kettős, szupernagy tömegű fekete lyukak valóban léteznek.

A fenti kép finom részletei azonban még messze nem kidolgozottak. Mennyi ideig tartanak a galaxismag-összeolvadások szakaszai? Valóban feltűnően kevés-e az egymástól néhány kiloparszeknél közelebb került párok száma, vagy csak nem sikerül megtalálnunk ezeket? Egyáltalán láthatunk-e minden kettős kvazárt, vagy a legnagyobb részük a sűrű gáz- és poranyagba ágyazva rejtve marad műszereink elől? Hogyan függ a galaxisok összeolvadási folyamata a vöröseltolódástól? Ha majd lehetségessé válik, meg tudunk-e figyelni annyi gravitációshullám-forrást, amennyit a galaxismagok egyesülésének gyakoriságára felállított modellek jósolnak? Az ilyen és ehhez hasonló kérdések még jó ideig munkát adnak majd a témával foglalkozó kutatóknak.

Irodalom

- Bondi, M., Pérez-Torres, M.-A.: *Astrophysical Journal* 714, L271 (2010)
 Boroson, T. A., Lauer, T. R.: *Nature* 458, 53 (2009)
 Burke-Spolaor, S.: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 410, 2113 (2011)
 Ferrarese, L., Merritt, D.: *Astrophysical Journal* 539, L9 (2000)
 Foreman, G., Volonteri, M., Dotti, M.: *Astrophysical Journal* 693, 1554 (2009)
 Gergely L.Á., Biermann, P. L.: *Astrophysical Journal* 697, 1621 (2009)
 Hopkins, P. F., Hernquist, L.: *Astrophysical Journal* 698, 1550 (2009)
 Komossa, S.: *Memorie della Società Astronomica Italiana* 77, 733 (2006)
 Komossa, S. et al.: *Astrophysical Journal* 582, L15 (2003)
 Kormendy, J., Ho, L. C.: *Supermassive Black Holes in Inactive Galaxies. Encyclopedia of Astronomy & Astrophysics*. P. Murdin (szerk.), IOP Publishing, Bristol & Philadelphia (2001)
 Liu, X. et al.: *Astrophysical Journal* 737, 101 (2011)
 Merritt, D., Milosavljević, M.: *Living Reviews in Relativity* 8, 8 (2005)
 Peng, Z.-X. et al.: *Research in Astronomy and Astrophysics* 11, 411 (2011)
 Rodriguez, C. et al.: *Astrophysical Journal* 646, 49 (2006)
 Rosario, D. J. et al.: *Astrophysical Journal* 739, 44 (2011)
 Smith, K. L. et al.: *Astrophysical Journal* 716, 866 (2010)
 Tingay, S. J., Wayth, R.: *Astronomical Journal* 141, 174 (2011)

HORVÁTH ISTVÁN

Gammakitörések

A gammakitörések felfedezése

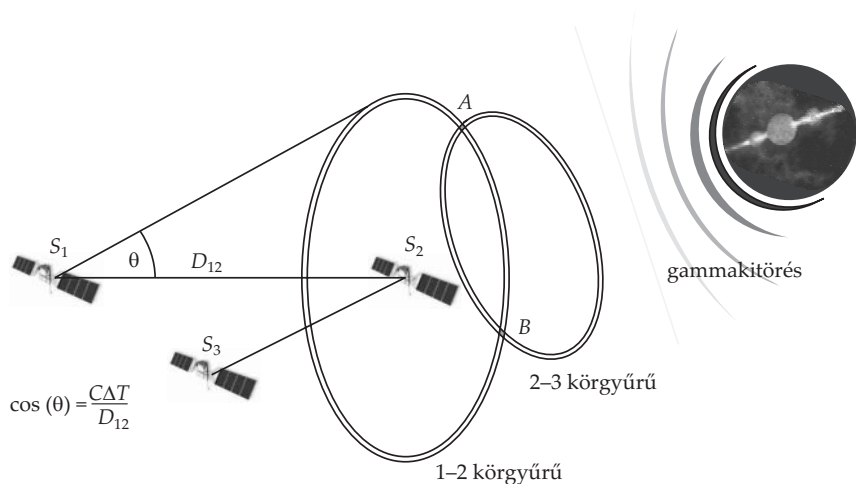
Hosszas tárgyalások után 1963. augusztus 5-én, az Amerikai Egyesült Államok, Nagy-Britannia és a Szovjetunió képviselői Moszkvában aláírták a Nemzetközi Atomcsend Egyezményt (Nuclear Test Ban Treaty¹), amely megtiltja az atombomba-kísérleteket a légkörben, a világűrben és a víz alatt.² Az egyezményhez azóta több mint száz ország csatlakozott (de Kína és Franciaország a mai napig sem).

Az egyezmény betartásának ellenőrzésére hozta létre az Egyesült Államok a Vela projektet, és lőtték fel a világűrbe a Vela műholdakat. A Vela szó a spanyol velarból eredeztethető, melynek jelentése őr, illetve felügyel. A programot 1959-ben indították el, viszonylag csekély költségvetéssel. Összesen tizenkét műholdat juttattak a világűrbe, hatot a Vela Hotel, hatot az Advanced Vela felépítéssel. A hat Vela Hotel műhold űrbéli nukleáris robbanások után kutatott, míg az Advanced Vela hagyományos robbanások megfigyelését is végezte. A műholdakat a TRW (Thompson Ramo Wooldridge) cég gyártotta.

A hidegháború javában dúlt, az amerikaiak biztosra mentek, és a legvadabb elképzeléseket is ellenőrizni akarták. Ma hihetetlennek tűnik, de attól is tartottak, hogy a Szovjetunió a Hold túlsó oldalán robbant kísérleti atomtölteteket (nem véletlenül tartottak ettől, ugyanis 2000-ben nyilvánosságra hozták, hogy maga az amerikai légierő is tervezett 1958-ban nukleáris robbantást a Holdon). Ezek megfigyeléséhez több magas pályán keringő műholdra volt szükség. Végül a műholdakat a Van Al-

¹ Az egyezményről lásd: http://en.wikipedia.org/wiki/Comprehensive_Nuclear-Test-Ban_Treaty

² A <http://www.ctbto.org/fileadmin/content/treaty/treatytext.tt.html> helyen található az egyezmény szövege.



1. ábra. Iránymeghatározás a háromszögeléses módszerrel.

len-féle sugárzási övezet fölé, négyszeres geoszinkron magasságú (110–120 ezer kilométer magas) pályákra állították.

A műholdakat párosával indították, az első Vela Hotel párt (Vela-1A és Vela-1B) 1963 augusztusában. A második párt (Vela-2A és Vela-2B) 1964-ben, a harmadikat (Vela-3A és Vela-3B) 1965-ben állították pályára. Tervezett élettartamuk 6 hónap volt, aminek végül a tízszeresét szolgálták ki. A műholdakat 12 külső röntgendetektorral és 18 belső neutron- és gamma-detektorral szerelték fel.

A légköri atom- vagy hidrogénbomba-robbanás a másodperc ezred részéig tartó gammavillanást produkál, amit a kialakuló tűzgolyó fénysugárzása követ. A műholdak milliszekundumos skálán figyelték a jelenségeket, így több műhold együttes megfigyelése esetén a forrás térbeli helyzete, egyszerű háromszögeléses módszerrel meghatározható volt (1. ábra), nagyjából 5000 kilométeres pontossággal. Ez a pontosság a Föld közelében értendő. Távoli források esetén ez nyilvánvalóan csak iránybeli lokalizációt jelent, amely azonban elegendő a holdbeli vagy naprendszerbeli források azonosításához. Az irányszög meghatározásának hibája nagyjából 8–15 fok volt akkor.

Az Advanced Vela párokat 1967-ben (Vela-4A és Vela-4B), 1969-ben (Vela-5A és Vela-5B) és 1970-ben (Vela-6A és Vela-6B) indították, nem az Atlas Agena rakétákkal, mint az előző párokat, hanem a sokkal erősebb

Titan IIIc rakétával, így a tömegük is nagyobb lehetett. Tervezett élettartamuk másfél év volt, de ezek a műszerek is tízszeresen felülmúlták az előzetes terveket. Az utolsó 1984-ig működött. Az Advanced Vela műholdak 6 cézium-jodid gammadetektorral voltak felszerelve, amelyek teljes térfogata körülbelül 60 cm^3 volt, és 150–750 keV (kiloelektronvolt) közötti energiájú fotonokat voltak képesek észlelni.

A műholdak szorgosan jegyezték a megfigyelt adatokat, majd azokat továbbították a Földre. Nukleáris bomba robbanását a röntgensugárzása jelezte volna, amelyet a gamma- és neutrontektorok megfigyelése erősített volna meg. A Hold túloldalán való robbanást közvetlenül nem észlelték volna a Vela műholdak, de a felvert nukleáris por a robbanás erejétől gyorsan tágult volna, amit a műholdak a robbanás során aktivált atommagok gammasugárzását megfigyelve tudtak volna azonosítani.

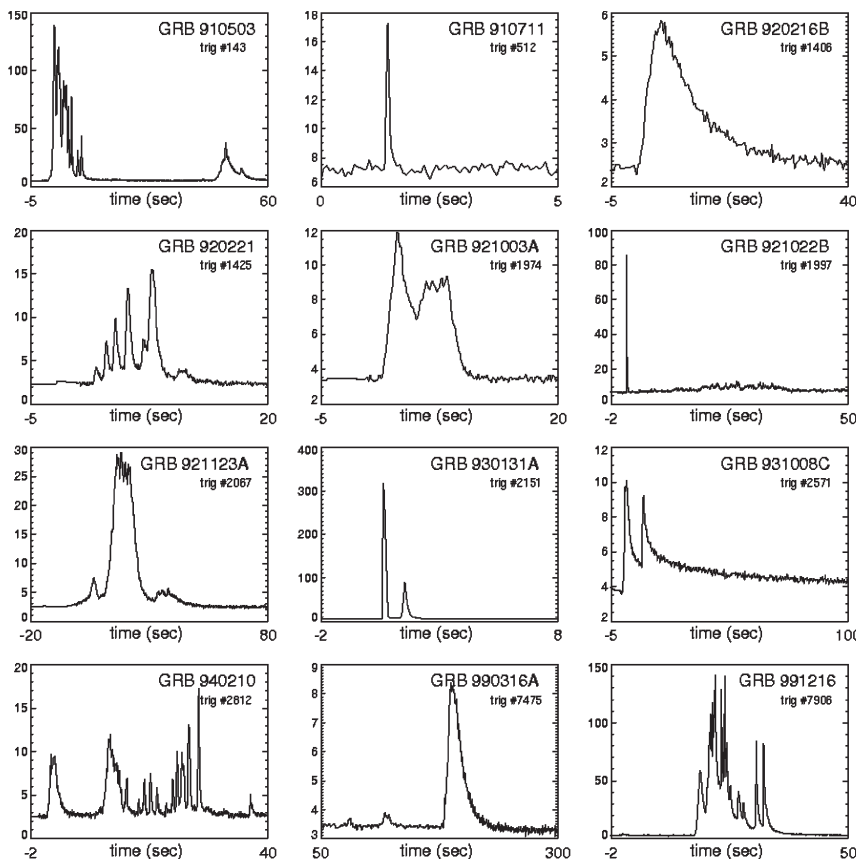
Ray Klebesadel, a Los Alamos Scientific Laboratory (ma LANL, Los Alamos National Laboratory) munkatársa (aki a Vela műholdak tervezésében és építésében is részt vett) elemezte a megfigyelt adatokat. Azokat a megfigyelési eredményeket, amelyek biztosan nem nukleáris robbanást jeleztek, gondosan eltárolták. 1972-ben Ian Strongot kérték meg, hogy Klebesadellel és Roy Olsennel közösen értékeljék ezeket az adatokat. Ők 16 olyan eseményt találtak, amelyek bizonyosan nem földi, vagy naprendszerbeli eredetűek voltak (1969. július és 1972. július közötti jelenségekről volt szó). Gammatarományban olyan jelentős volt az emisszió, hogy ki lehetett zárni, hogy egy röntgenforrás nagyenergiás részéről lenne szó. Ebből az eredményből született meg az első publikáció a gammakitörésekről (gamma-ray burst vagy röviden GRB) (Klebesadel, Strong és Olsen 1973).

Cline és Desai az IMP-6 műhold fedélzetén lévő röntgendetektorral a napflerek megfigyelését végezték. Értesülve a felfedezésről, az elsők voltak, akik megerősítették a gammavillanások létezését (Cline és tsai, 1973). Gammatarományban erősítette meg a felfedezést az OSO-7 műhold műszere (Wheaton és tsai, 1973).

A gammakitörések véletlen felfedezésének hatására az azt követő években több űreszköze szereltek fel gammasugárzás észlelésére alkalmas műszereket. Az orosz mesterséges égitesteken is elhelyeztek ilyeneket, de ezek esetében az adatokhoz való hozzájutás problémát okozott. Volt például gammadetektor az 1977-ben fellőtt Prognosz-6 és az 1978 októberében felbocsátott Prognosz-7 fedélzetén is.

A gammavillanások tisztázatlan eredete miatt fontos lett a pontos lokalizáció, az esetleges források tanulmányozására. A pozíció meghatározása egyetlen detektor esetén lehetetlen, hiszen így csak a fotonok beérkezési

idejét lehetett rögzíteni. Megfelelő elektronikával ez az időpont milliszekundumos pontossággal volt rögzíthető. Két egymástól távoli detektor megfigyelése esetén a megfigyelt jelek időkülönbségéből az égi helyzet meghatározható. Pontosabban szólva két független megfigyelésből kijelölhető az égen egy vékony körgyűrű. Pontos pozícióhoz legalább három egymástól távoli műszer egyidejű megfigyelése szükséges (1. ábra). Itt a hangsúly az egymástól távoli kifejezésen van. Időben fél-egy perc, esetleg több perces eltérés szükséges. Vagyis a megfigyelőhálózat egyik eleme keringhet csak a Föld körül, de a többinek már távolabb kell lennie. Így



2. ábra. Néhány tipikus gammakitörés.

legalább két Földtől távoli műszer szükséges. A német Helios-2 a Nap körül keringett, fedélzetén gammadetektorral, ez lett a második megfigyelőpont. A harmadik tájékozódási pontot a Vénusz körül keringő három műhold egyike: az orosz Venyera-11 és -12, valamint az amerikai Pioneer Venus Orbiter adta. Mindhármat 1978-ban bocsátották útjára. Ezekkel az elemekkel az úgynevezett első bolygóközi hálózat 1980-ig működött.³ Megfigyelték a gammakitöréseket, majd a már említett háromszögelési módszerrel meghatározták a forrás irányát (84 kitörésre állapítottak meg égi koordinátákat). De a kibocsátás helyén még a legnagyobb távcsövekkel sem találtak semmit.

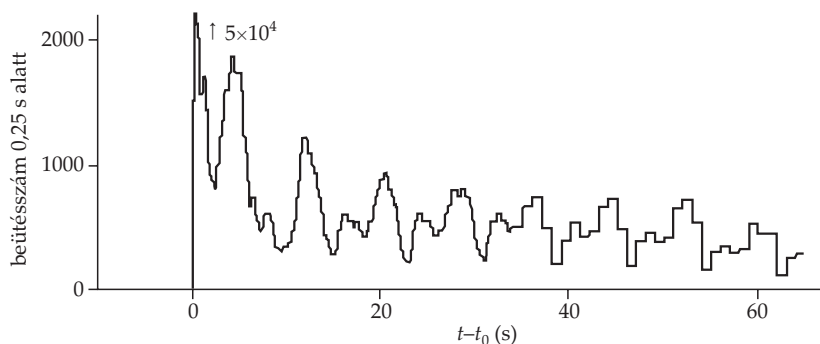
1990-ben felbocsátották az Ulysses napfizikai űrszondát, majd 1991-ben a Compton-űrobszervatóriumot (CGRO, Compton Gamma-Ray Observatory), így ismét létrejött egy bolygóközi hálózat (Cline és tsai, 1991) a kitörések pontos helyének meghatározására.

A kitörések hosszának vizsgálata mindig is fontos kutatási terület volt. Már a nyolcvanas években többen felvetették, hogy ezek eloszlásában egyenlenségek lehetnek, és ezzel a kitörések esetleg csoportosíthatók. A felvetés igazolásához, vagy cáfolásához nagy elemszámú, homogén mintára volt szükség. A CGRO több feladata közül az egyik éppen az volt, hogy nagyszámú kitörést figyeljen meg azonos körülmények között. A vizsgálatokhoz szükséges minta így az első BATSE katalógus (Fishman és tsai, 1994) megjelenésével állt először rendelkezésre (2. ábra). A katalógus több mint 200 megfigyelt kitörésére megvizsgálták az időtartamok eloszlását (Kouveliotou és tsai, 1993) és azt kettős csúcúnak találták. Azóta beszélünk rövid (2 másodpercnél rövidebb) és hosszú (2 másodpercnél hosszabb) kitörésekről.

A lágygamma-ismétlők

A lágygamma-ismétlők (soft gamma repeater, SGR) felfedezése 1979-ben történt. 1979 első három hónapjában fedeztek fel a máig ismert hat SGR-ből hármat. Január 7-én a Sagittarius csillagképben találták meg az első ismétlődő gammafelvilillanást, majd 1979. március 5-én egy nem minden-napi esemény történt (Mazets és tsai, 1979). A Helios-2 és a Pioneer Venus Orbiter detektorai a maximálisan megfigyelhető beütésszámot mérték (szaturálódtak), tehát a forrás erősségére csak alsó határt tudtak megállapítani. A forrás erőssége százszorosan meghaladta az addig megfigyelt

³ http://www.powerset.com/explore/semhtml/InterPlanetary_Network?query=grb



3. ábra. 1979-es esemény „fénygörbéje”.

legerősebb Naprendszeren kívüli gammaforrását. A forrás maga a Nagy Magellán-felhő egyik szupernóva-maradványa volt.

Kilenc nap múlva egy újabb forrást fedeztek fel,⁴ amely három nap alatt három kitörést is produkált. A forrás a kezdeti fázis után erős pulzációt mutatott (3. ábra). Ezek után nem volt kétséges, hogy egy új csillagászati objektum felfedezéséről van szó. Hiszen az addig megfigyelt több száz gammakitörés között egyszer sem sikerült ismétlődést találni. A felfedezett három forrás legintenzívebben a lágygamma- és a röntgenterományban sugárzott, tehát a sugárzási energiaeloszlásában is megkülönböztethető volt a többi gammakitöréstől.

Később, 1998-ban bebizonyították, hogy az úgynevezett magnetárok (gyorsan forgó mágneses neutroncsillagok) és a lágy ismétlők között kapcsolat áll fenn (Kouveliotou és tsai, 1999). A lágygamma-ismétlők tipikusan nagyon rövid kitöréseket produkálnak.

De hol vannak a források?

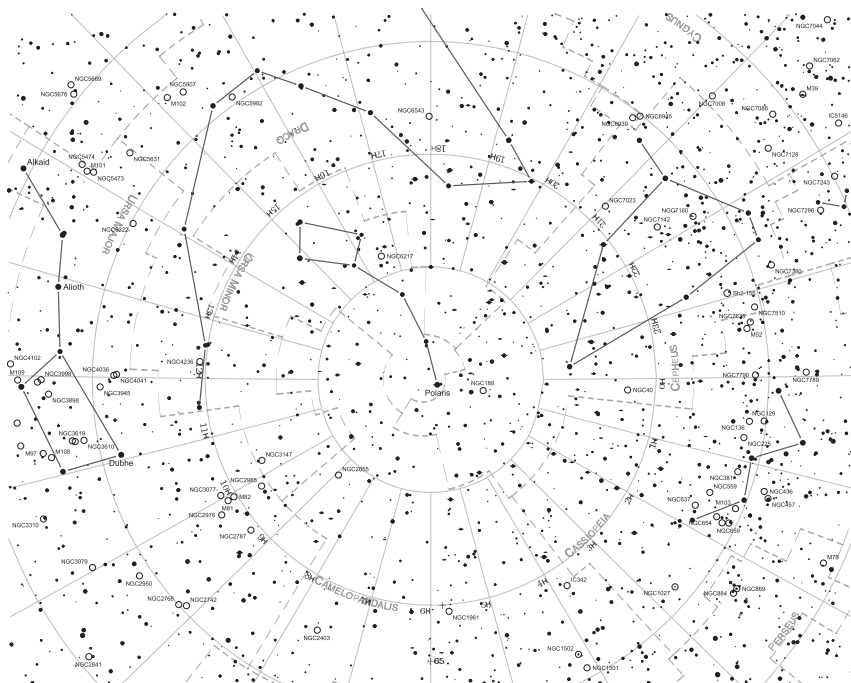
Az egyik legfontosabb kérdés az volt a gammakitörésekkel kapcsolatban, hogy milyen messze vannak? Az 1980-as évek végéig közel 500 gammafelvillanást észleltek a műholdak. Ezek nagy részét a Pioneer Venus Orbiter és a KONUS figyelte meg. A felvillanások eredete tisztázásra várt. Nem volt ismeretes egy azonosított forrásuk sem (kivéve természetesen az előző fejezetben említett lágygamma-ismétlőket), de még azt sem tudtuk, hogy milyen messze lehetnek. Tehát az sem volt ismeretes, hogy a forrás

⁴ <http://solomon.as.utexas.edu/~duncan/magnetar.html#Discovery>

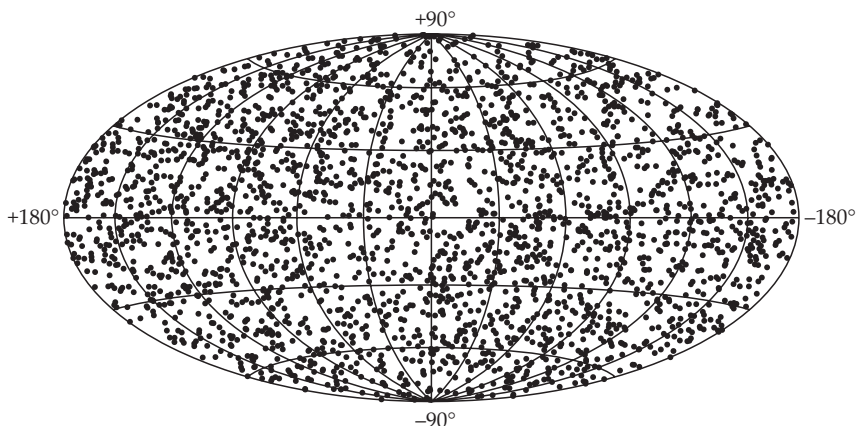
milyen erős, ugyanis a mért gammasugárzást okozhatta egy gyengébb közeli forrás, vagy egy távoli, de ennél sokkal intenzívebb forrás is.

Általában ha egy csillagászati objektum bizonyos távolságnál közelebb helyezkedik el, akkor az azt is jelenti, hogy az adott források maximális távolságával megegyező sugarú gömb belsejében található. Azaz, ha egyes objektumok távolabb vannak, mint mások, akkor sokkal nagyobb térfogatban helyezkednek el.

Ha közeli csillagok a források valamely asztrofizikai megfigyelés esetén, akkor a helyük az égre vetítve véletlenszerű, tehát betöltik a teljes eget (mint ahogy a fényesebb csillagok oszlanak el az éjszakai égbolton, lásd a 4. ábrát). Ha egy adott távolságnál közelebb lévő források száma N , akkor a kétszer akkora távolságnál közelebbi források száma $8N$ lenne, ha a források eloszlása a térben egyenletes (homogén). Hiszen egy kétszer akkora sugarú gömb térfogata nyolcszorosa az eredeti gömbének, és homogén eloszlás esetén a megfigyelt objektumok száma arányos a térfogattal.



4. ábra. A fényes csillagok eloszlása az égen egyenletes (véletlenszerű).



5. ábra. A gammakitörések eloszlása az égbolton.

Ha a források a Földről megfigyelhetők a teljes Galaxisban, akkor a kétszer olyan távolságban lévő források száma csak 4N lenne, hiszen a források egy lapos korongban helyezkednek el, és a kétszer akkora sugarú kör területe csak négyszer nagyobb.

Tehát a források számának a látszó fényességüktől való függése információt ad a források térbeli elhelyezkedésével kapcsolatban, amennyiben a források nagyjából egyformák (azaz hasonló abszolút fényességűek). Nézzünk egy egyszerű példát! Töltsék ki a források a teljes teret egyenletesen, és legyen minden forrás egyforma fényességű. Ez esetben a legfényesebbnek látszó forrás van hozzánk legközelebb. A négyszer halványabb források kétszer messzebb vannak, de mivel a kétszer nagyobb sugarú gömb térfogata nyolcszor nagyobb, ezért a négyszer halványabb források száma átlagosan nyolcszor több. A kitevőben lévő kettes és hármas eredményeképpen a logaritmikus ábrázolásnál a jelenséget egy mínusz háromketted meredekségű egyenes jól közelíti. Ez a híres „ $-3/2$ -es” törvény. Szemléletes kétszeres logaritmikus skálával tehető.

A Compton-űrtávcső egyik nagy tudományos eredménye volt a gammakitörések égi eloszlásának meghatározása. Ez az eloszlás a 4. ábrához hasonlóan egyenletes eloszlást mutatott az égbolton (5. ábra) (Meegan és tsai, 1996). Ez a megfigyelés kizárta a galaktikus eredetet. Ugyanis ha a források nagy része a teljes Galaxisban található, akkor a galaxis síkjának látszania kellene az égi eloszláson. Ennek ellenére egészen 1996-ig tartotta magát galaktikus halóbeli eredetük hipotézise is (Podsiadlowski, Rees és Ruderman, 1995).

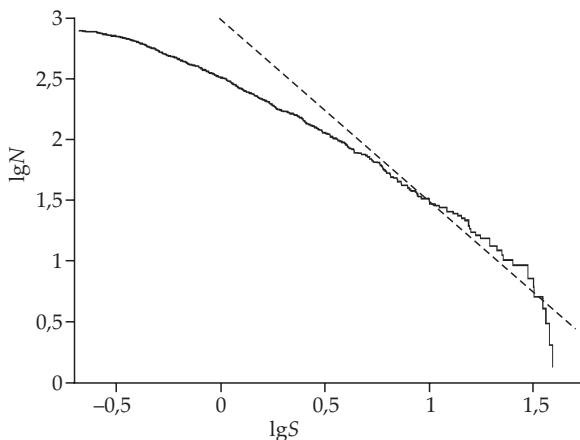
Ha a források egyenletesen oszlanak el az égen, akkor csak három térrész képzelhető el a források eredetére:

- A Naprendszer közeli térség.
- A fényes csillagokhoz hasonlóan egy néhány tucat, legfeljebb néhány száz parszeknyi (a közeli csillagok által betöltött) térrész.
- Száz megaparszek sugarú vagy annál lényegesen nagyobb tartomány.

A háromféle eredet között segít választani a fényességeloszlás ábrázolása, az úgynevezett $\log N - \log S$ diagram. A 6. ábra mutatja közel ezer kitörés látszó fényesség szerinti kumulatív eloszlását (Horváth, Mészáros és Mészáros, 1996). A függvény értéke, hogy hány kitörést figyeltünk meg adott idő alatt, amely az adott fényességnél (S) fényesebb volt.

Euklideszi tér és homogén térbeli eloszlás esetén a már az előzőekben leírt okok miatt egy körülbelül $-1,5$ meredekségű egyenest (szaggatott vonal a 6. ábrán) kell kapnunk a \log - \log ábrán. Ez csak a fényes gammakitörésekre igaz. A halvány kitörések hiányát persze lehetne magyarázni elnyeléssel, de csillagászati megfigyelésekből tudjuk, hogy sem a Naprendszer közelében, sem a néhány száz parszekes környezetünkben nincs lényeges elnyelő anyag. Egy mindent áteresztő, csak gammában elnyelő közeg feltételezése pedig elég abszurd lenne.

Mindezek alapján nyilvánvalóan csak a harmadik eset lehetséges. Ugyanis valóban euklideszi tér esetén mindig igaz a mínusz másfeles törvény. Tudjuk viszont, hogy a világunk nem euklideszi, hanem az álta-



6. ábra. A BATSE által megfigyelt kitörések fényességeloszlása.

lános relativitáselmélet értelmében a világunkat leíró téridő görbült. A kozmológiai megoldások valóban megmagyarázhatják a mért $\log N - \log S$ eloszlást (Fenimore és Bloom, 1995, Horváth, Mészáros és Mészáros, 1996). Azonban ehhez a kitörések forrásait a legtávolabbi kvazárok távolágában kell elképzelnünk. Ez eleinte annyira hihetetlennek tűnt, hogy az érintett kutatók legalább fele inkább egyre extrémebb halóelméletek kidolgozásán fáradozott. Tették mindezt egészen 1997-ig, az első gammakitörés utófényének, illetve forrásának azonosításáig.

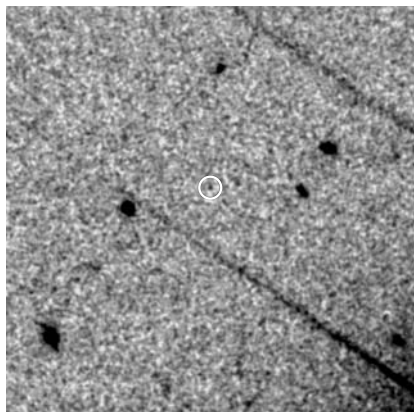
A források felfedezése

A gammakitörések eredetének és mechanizmusának megfejtéséhez elengedhetetlen volt a kitörések forrásainak a megtalálása. Az első próbálkozás a kitörések helyének meghatározására a bolygóközi hálózat volt. A helyet sikerült viszonylag pontosan meghatározni, de sajnos csak 2-3 hét múlva tudták távcsövekkel is megvizsgálni a kérdéses területet. Ma már tudjuk, hogy ennyi idő alatt egy tipikus gammakitörés utófénye megfigyelhetlenné halványodik.

A második kísérlet a Compton-űrtávcsövön elhelyezett BATSE műszer nyolc detektorának a felhasználása volt. 3-4 triggerelt detektor esetén a hozzátvetőleges irány meghatározható. Ismerjük a detektorok megfigyeléseinek intenzitásarányait. Ezt a detektorok érzékenységeinek a szögfüggésével kombinálva a forrás égi pozíciója számítható. Sajnos a rendszer 1,6 fokos szisztematikus hibával volt terhelt, amihez hozzáadódott az intenzitástól függő statisztikus hiba. Ez utóbbi nagyon erős kitörések esetén körülbelül egy fok volt, erős kitöréseknél 3–5 fokos, míg a halványaknál meghaladhatta a 20 fokot is (Koshut és tsai, 1996). Az adatok továbbítása órákat vett igénybe, tehát a legjobb esetben is csak egy napon belül lehetett földi megfigyelést végezni.

Ma már tudjuk, hogy a tipikus források 20–24 magnitúdósak, és napok alatt 27 magnitúdónál halványabbá válnak. Mivel a második elgondolás sem segített a kitörések forrásait megtalálni, a probléma kezdett egyre érthetlenebbé és éppen ezért egyre érdekesebbé válni. A nagyon nagy távcsövek megfigyelési ideje sem volt már elérhetetlen. Most már csak egy olyan műszer kellett, ami nagyon gyorsan (órák alatt) pontos koordinátát szolgáltat.

Az amerikai kutatók legnagyobb bánatára, a tragikus 1996-os évben (sikertelen volt a Cluster és az orosz Mars-szonda fellövése is) az indításkor elvesztették a HETE űrszondát. A HETE II-t csak 2000-ben bocsátották fel, így



7. ábra. A GRB980326 kitörés utófénye.

a holland–olasz Beppo-SAX műholdé lett a felfedezés dicsősége. 1997-ben a gammakitörések röntgensugárzásának forrását sikerült néhány ívperc pontossággal meghatározni (Costa és tsai, 1997). Az első esetben 8 órával a kitörés után.

Az első három azonosított forrás is nagyon messze volt Földünkől (a vöröseltolódásuk 0,5 és 1 közé esett). De a negyedik azonosított forrás már túl volt az ismert Világegyetem felén ($z = 3,42$) (Greiner, 2010). A 7. ábrán mutatott forrás az ötödikként azonosított GRB980326 utófénye a látható tartományban.

A következő mérföldkő a gammakitörések kutatásában a Swift műhold 2004. november 20-i indítása volt. A műholdat kifejezetten arra a célra tervezték, hogy gyorsan ráfordulva a kitörés irányára (a gyorsaságra utal a neve is, ami fecskét jelent), röntgen-, majd optikai tartományban is mérve a sugárzást, pontos koordinátákat szolgáltatson (Gehrels és tsai, 2004). A műhold meg is felelt a várakozásoknak, hiszen egy percen belül a Földre tudja küldeni a megfigyelési adatokat. A gammakitörések távolságadatainak több mint kétharmadát a Swiftnek köszönhetjük.

A másik fő cél a rövid kitörések forrásainak a megtalálása volt. Ugyanis az 1997 és 2003 között megmért néhány tucat gammakitörés-távolság mind hosszú kitöréshez tartozott. Mind osztályozási, mind elméleti kutatási szempontból fontos volt megvizsgálni, hogy a két kitöréstípus azonos távolságra van-e, illetve hasonló források bocsátják-e ki őket.

A Swift e témában is kiválóan vizsgázott. Megtalálta a rövid kitörések forrásait (Berger és tsai, 2005). Kiderült, hogy tipikusan közelebb vannak hozzánk, mint a hosszú kitörések. Az anyagalexisaikban is sokkal kisebb a csillagkeletkezési ráta. Érdeemes még megemlíteni, hogy a Swift által mért vöröseltolódások átlaga ($z = 2,6$) jelentősen eltér a más műholdak által mért vöröseltolódások átlagától ($z = 1,2$) (Bagoly és tsai, 2006).

A 2008-as év nagy áttörést hozott a nagyenergiájú fizikában, földön és égen egyaránt. A CERN huszonhét kilométer területű köralagútjában beindult (aztán sajnos gyorsan le is állt) a valaha épített legnagyobb részecskegyorsító, a Nagy Hadronütköztető (LHC, Large Hadron Collider), és Föld körüli pályára állt a szintén nemzetközi együttműködésben meg-



8. ábra. A Fermi (eredeti nevén GLAST) műhold.

valósult GLAST kutatóműhold (8. ábra), amellyel olyan nagy energiákon nézhetünk körül a Világegyetemben, amilyenre eddig nem volt lehetőségünk (Meegan és tsai, 2009). A rövidítés a Gamma-ray Large Area Space Telescope (Nagylátóterű Gamma Űrtávcső) nevet takarja, ami néhány hónappal a fellövés után megváltozott, ugyanis a küldetést irányító NASA pályázatot írt ki, egy a széles közönség által is jobban megjegyezhető névre. A műhold neve azóta Fermi. Lehet, hogy az eredeti elnevezés piaci szempontból nem volt a legszerencsésebb, viszont kellőképpen beszédes. A GLAST egyszerre az égbolt igen nagy hányadáról képes összegyűjteni a felé tartó nagyon nagy energiájú gamma-fotonokat, keményebbeket, mint amelyeneket eddig észlelhattünk

Az amerikai, francia, japán, német, olasz és svéd pénzből elkészült GLAST űrobszervatórium újabb lendületet ad a nagyenergiás asztrofizikának, amely terület az utóbbi évtizedben megfelelő műszer híján kevés új felfedezéssel szolgált. Nemcsak pótolja elődjét, de felül is múlja annak képességeit. Két műszere közül a Large Area Telescope (LAT) az, amelytől az igazi szenzációt várják. Mérési tartományának felső határa 300 GeV fölött van, és az égboltnak egyszerre igen jelentős részét, nagyjából az egyötödét tudja megfigyelés alatt tartani. Ez utóbbi azért rendkívül fontos, mert a pontos méréshez sok detektált fotonra van szükség, ami halvány, de folyamatosan emittáló források esetében évekig tartó megfigyelést is igényelhet. Kiegészítő műszere a Fermi Gamma-ray Burst Monitor (előző megnevezése: GLAST Burst Monitor, GBM) detektorrendszere, ami főként a gammakitörések megfigyelésében jut fontos szerephez.

A LAT mindenben felülmúlja egy évtizeddel ezelőtti, hasonló céllal készült elődjét, a CGRO Energetic Gamma Ray Experiment Telescope (EGRET) műszerét. Jóval halványabb forrásokat is azonosítani képes, és egy nagyságrenddel magasabb energiahatárig tud mérni, akár 300 GeV

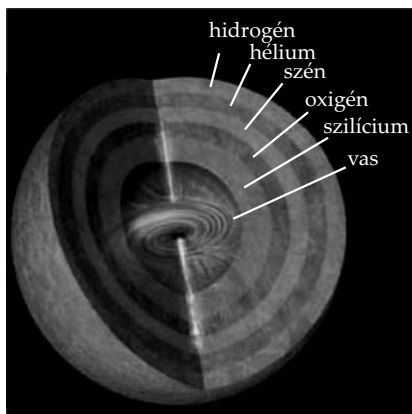
feletti fotonokat is detektál (az észlelés alsó határa 20 MeV). Két foton detektálása közötti holtidő 100 mikroszekundum, ez ezerszer kisebb, mint az EGRET-é volt, ami képessé teszi arra, hogy gyorsan változó jelenségek emisszióját is nagy pontossággal megmérje.

A GLAST másik műszere, a GBM a NASA Marshall Space Flight Center kutatóközpontjában épült meg. A kísérlet vezetői Charles Meegan és Jochen Greiner (Meegan és tsai, 2009). A gammakitörések vizsgálatára készült GBM tizennégy szcintillációs detektorból áll, amelyek mérési tartománya 8 keV és 25 MeV közé esik. Ezeket úgy helyezték el a műhold oldalain, hogy együttes látóterük teljesen lefedje az égboltnak azt a részét, amelyet a Föld éppen nem árnyékol le. Az elrendezés további sajátossága, hogy bármely irányból érkező felvillanást egyszerre legalább négy detektor is észlel. Ez lehetővé teszi, hogy a detektorokban mért intenzitásokból rövid idő alatt viszonylag nagy pontossággal meghatározza a hirtelen felvillanó gammakitörések helyzetét. A tizenkét nátrium-jodid detektor és a két, nagyobb energiatartományban megbízhatóbb bizmut-germanát szcintillátor igen jó időbeli és energia szerinti felbontással szolgál a megfigyelt kitörések lefolyásáról. A GBM hasonló funkciót tölt be a GLAST fedélzetén, mint az egy évtizeddel korábbi elődje, a CGRO Burst and Transient Source Experiment (BATSE) műszere, amelynek máig a legnagyobb homogén gammakitörés-adatbázist köszönhetjük. A két műszer közötti különbség leginkább abban nyilvánul meg, hogy a GBM hamarabb és pontosabban tudja meghatározni a kitörések irányát, mint a BATSE, így jelzésére a LAT és más egyéb távcsövek hamarabb tudnak az adott irányba fordulni.

A gammakitörések lehetséges magyarázatai

A felvillanások eredetére több elmélet is megpróbált magyarázatot adni, azonban mindegyik azt jósolta, hogy a hirtelen gammakitöréseket alacsonyabb hullámhosszú utófénylésnek kell kísérnie (Mészáros és Rees, 1997). 1997-ben a holland–olasz együttműködésben épült Beppo-SAX műhold röntgensugárzást tapasztalt egy nem sokkal azelőtt felfénylett gammakitörés helyén. Később optikai hullámhosszakon is megfigyelték a jelenséget, és megállapították, hogy a kitörések távoli galaxisokból származnak. Vöröseltolódás-mérések alapján kiderült, hogy a sugárforrások átlagos távolsága nyolcmilliárd fényév, de találtak olyan kitörést is, amelynek fénye több mint 12 milliárd évet utazott idáig. A kitörések kozmológiai eredete ezzel bizonyosságot nyert.

A távoli eredet miatt le kellett vonni a következtetést, miszerint a gammakitöréseket kiváltó folyamatban sokkal rövidebb idő alatt, sokkal nagyobb energia szabadul fel, mint amekkorát bármely eddig ismert folyamat megenged. Ha az energiakibocsátást izotropnak tételezzük fel, nagyjából azzal egyenértékű, mintha a Nap tömegének jelentős része néhány másodperc alatt szétsugárzódna (körülbelül 10^{51} – 10^{54} erg). Az energia ilyen mértékű felszabadulására két általánosan elfogadott elmélet létezik.



9. ábra. Hipernóva-robbanás kezdeti fázisa.

A hosszabb ideig tartó, de lágyabb, azaz az energia nagy részét inkább kisebb energiájú fotonokban kisugárzó kitöréstípust az úgynevezett hipernóva (MacFadyen, Woosley és Heger, 2001) jelenségével magyarázzák (9. ábra). Ha egy legalább 40 naptömegű csillag elégeti nukleáris fűtőanyagát, végül fekete lyukká omlik össze. Ha a csillag tengely körüli forgása gyors, a bezuhanó anyag egy tömegbefogási korongba sűrűsödik össze. Ekkor a csillaganyag jelentős része az egyenlítő síkjában, spirális pályán száguld a középpont felé, ami a hatalmas gravitációs erő következtében egyfajta generátorként működik. Vagyis energiává alakítja a korong anyagának egy részét, két igen vékony, forgástengely irányú nyalábban (jet) kisugározva azt.

Ezt az elképzelést támasztja alá, hogy a pontosabb megfigyelések szerint az ilyen kitörések a galaxisoknak azon aktív vidékeiről származnak, ahol éppen csillagkeletkezés folyik (Jakobsson és tsai, 2006). Ugyanis itt jönnek létre azok a nagy tömegű, éppen ezért igen rövid életű csillagok, amelyek halálakor megfigyelhető a jelenség. Egy másik bizonyíték, hogy több ilyen kitörés helyén egyúttal szupernóva-robbanást is megfigyeltek, ennek közepén marad végül a fekete lyuk. Az pedig, hogy a gammasugárzás csupán két szűk nyalábban indul útjára, jelentősen, akár három nagyságrenddel is lecsökkenti a kitöréshez szükséges energia mennyiségét. Ez persze azt is jelenti, hogy csak akkor vesszük észre a jelenséget, ha a nyalábok éppen felénk mutatnak.

A rövid, de keményebb kitörések keletkezését neutroncsillag-kettősök összeolvadásával próbálják magyarázni (10. ábra, lásd a színes melléklet

XVI. oldalán) (Rees és Mészáros, 1994; Nakar, 2007). A neutroncsillag nagy – de az előbb említetteknél kisebb – tömegű csillagok halálakor keletkezik, anyaga sűrűbb, mint bármi másé az Univerzumban. A két, egymás körül keringő neutroncsillag az általános relativitáselmélet szerint gravitációs hullámokat sugároz ki, amelynek következtében energiát veszít, és spirális pályán egyre közelebb kerül egymáshoz. Az ütközéskor fekete lyuk keletkezik, mely a keletkezés során relativisztikus sebességű nyalábokat lövell ki, amelyek egymással ütközve gamma-sugárzást, a környezettel ütközve hosszabb hullámú sugárzást bocsátanak ki. A mérések alapján az ilyen típusú gammakitörések általában nem jönnek olyan messziről, mint a hosszúak, és keletkezési helyük is változatosabb (Berger, 2009). Az egyik probléma ezen elgondolással nem az, hogy hogyan tud néhány tized másodperc alatt ennyi energiát kibocsátani a rendszer, hanem az, hogy miért nem rövidebb idő (ezred másodpercek) alatt történik az emisszió.

A jelenleg működő, gammakitöréseket megfigyelő űrteleszkópok nem képesek arra, hogy a gammatartományban jó spektrális felbontást adjanak. Utoljára a CGRO végzett részletes megfigyeléseket, jelenleg is e műszerhez fűződik a legnagyobb kitörés-adatbázis. A Fermi várhatóan mind az adatok terjedelmében, mind a részletességében meghaladja majd elődjét, és segítségével pontosabb ismereteink lesznek arról, mi zajlik le abban a néhány másodpercben, amelyben annyi energia szabadul fel, amihez hasonlót sehol máshol nem látunk a Világegyetemben.

Irodalom

- Bagoly, Z., et al.: *Astronomy and Astrophysics* 453, 797 (2006)
- Berger, E., et al.: *Nature* 438, 988 (2005)
- Berger, E.: *Astrophysical Journal* 690, 231 (2009)
- Cline, T. L., Desai, U. D., Klebesadel, R. W. és Strong, I. B.: *Astrophysical Journal* 185, L1 (1973)
- Cline, T. L., et al.: Gamma ray burst source locations with the Ulysses/Compton/PVO Network, Gamma-ray bursts. AIP Conf. Proc., 265, p. 72 (1991)
- Costa, E., et al.: *Nature* 387, 783 (1997)
- Fenimore, E. E. és Bloom, J. S.: *Astrophysical Journal* 453, 25 (1995)
- Fishman, G. J., et al.: *Astrophysical Journal Suppl.* 92, 229 (1994)
- Gehrels, N., et al.: *Astrophysical Journal* 611, 1005 (2004)
- Greiner, J.: Localized GRBs. <http://www.mpe.mpg.de/~jcg/grbgen.html>
- Horváth, I., Mészáros, P. és Mészáros, A.: *Astrophysical Journal* 470, 56 (1996)
- Jakobsson, P., et al.: *Astronomy and Astrophysics* 447, 897 (2006)
- Klebesadel, R. W., Strong, I. B. és Olson, R. A.: *Astrophysical Journal* 182, L85 (1973)
- Koshut, T. M., et al.: *Astrophysical Journal* 463, 570 (1996)
- Kouveliotou, C., et al.: *Astrophysical Journal* 413, L101 (1993)

- Kouveliotou, C., et al.: *Astrophysical Journal* 510, L115 (1999)
- MacFadyen, A. I., Woosley, S. E. és Heger, A.: *Astrophysical Journal* 550, 410 (2001)
- Mazets, E. P., et al.: *Nature* 282, 587 (1979)
- Meegan, C. A., et al.: *Astrophysical Journal Suppl.* 106, 65 (1996)
- Meegan, C. A., et al.: *Astrophysical Journal* 702, 791 (2009)
- Mészáros, P. és Rees, M. J.: *Astrophysical Journal* 476, 232 (1997)
- Nakar, E.: *Physics Reports* 442, 166 (2007)
- Podsiadlowski, P., Rees, M. J. és Ruderman, M.: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 273, 755 (1995)
- Rees, M. J. és Mészáros, P.: *Astrophysical Journal* 430, L93 (1994)
- Wheaton, W. A., et al.: *Astrophysical Journal* 185, L57 (1973)

BÚCSÚ KÉT BARÁTTÓL ÉS KOLLÉGÁTÓL

dr. Fejes István (1939–2011) és

dr. Nagy Sándor (1945–2011)

Magyarország első, kifejezetten űrkutatási céllal létrehozott intézményének, a Földmérési Intézet penci Kozmikus Geodéziai Observatóriumának (KGO) alapító gárdája 1973-ban hét főből állt: geodétákból, mérnökökből és három csillagászból. Közülük ketten, Fejes István és Nagy Sándor nyugdíjazásukig, sőt azon túl, egészen halálukig folyamatosan a KGO-ban és a KGO-ért dolgoztak; 2011 tavaszán azonban alig néhány héten belül mindketten végleg eltávoztak. A KGO alapelveihez, hagyományaihoz való hűség mellett közös vonás volt bennük a csillagászat szeretete és az alapos, megbízható tudományos kutatómunka iránti igény. Mindketten önzetlenül tanították is a fiatal kollégákat az ELTE-n és a BME-n. Tudományos kutatóként azonban életük végéig külön utakon jártak, ezt életpályájuk rövid áttekintése világosan mutatja.

dr. Fejes István volt az idősebb. Egy szerencsés véletlen folytán még egyetemista korában eljutott az akkoriban rohamosan fejlődő rádiócsillagászat hollandiai központjába, így lett az első (és sokáig az egyetlen) magyar rádiócsillagász. Élete során valahogy mindig össze tudta egyeztetni a rádiótávcsöves asztrofizikai kutatásokat a KGO profiljához jobban illeszkedő rádiós műholdmegfigyelési technikák alkalmazásával. Asztrofizikusként főleg külföldi tanulmányútjai során szerzett megfigyeléseire és nemzetközi kapcsolataira támaszkodott: dolgozott a Kapteyn Csillagászati Laboratóriumban (Groningen, Hollandia), a Nemzeti Rádiócsillagászati Observatóriumban (Virginia, USA) és a Max Planck Rádiócsillagászati Intézetben (Bonn, NSzK).

Halála után egykori mentora, Hugo van Woerden holland rádiócsillagász professzor így írt róla: „István nagyon lelkes és motivált kutató volt. Fantasztikus energiával dolgozott azon, hogy elérje célját: részvételét a csillagászati kutatások élvonalában. A nagyon nehéz politikai körülmények ellenére elérte ezt a célt, és a legtöbbet hozta ki a számára adott lehe-



tőiségekből. Ennek eredményeként Magyarország fontos részévé vált az európai rádiócsillagászati hálózatnak.” S hozzáteszi: „Úgy emlékszünk majd rá, mint egy nagy tudósra”.

Fontos szerepet játszott Fejes István életében a VLBI (Very Long Baseline Interferometry) technika és annak űrkutatási bővítési lehetősége, a műholdas űr-VLBI. Kutatócsoportot hozott létre ennek asztrofizikai és geodéziai alkalmazására, űr-VLBI szimulációs programot fejlesztett, és ezzel bekapcsolódott a japán űr-VLBI hold (Halca) eredményeinek feldolgozásába. A hasonló orosz műhold, a Rádióasztron előkészítésében évekig dolgozott, de a felbocsátást már nem érte meg.

1990 és 2003 között a KGO vezetője volt. Ekkortájt váltotta fel a GPS a korábbi optikai és rádiós technikákat mint a kozmikus geodézia alapvető eszköze. Fejes István sokat tett azért, hogy Magyarország szakmailag vezető szerepet játsszon e fontos átalakulásban: „GPS in Central Europe”

címen szeminárium-sorozatot szervezett, GPS-méréseken alapuló mozgásvizsgálati programot kezdeményezett, majd ezt kiterjesztette a közép-európai régióra. E munkásságáért Akadémiai Díjban is részesült (1993). EUPOS néven sikerült összefognia a nemzeti GPS-hálózatokat.

Tudományos fokozatait mind rádiócsillagászati tevékenységével nyerte el: 1973-tól egyetemi doktor, 1977-ben kandidátus, 1988-tól a fizikai tudományok doktora, 1997-től az ELTE-n egyetemi magántanár. Doktori témavezetőként sokat és eredményesen foglalkozott a kutatói utánpótlás nevelésével. Tagként, illetve vezetőként élete végéig részt vett számos csillagászati, űrkutatási és geodéziai nemzetközi, illetve hazai szakmai szervezet (bizottság) munkájában.

dr. Nagy Sándor észlelő amatőr csillagászként kezdte pályafutását. Már 1963-tól segítette és koordinálta a változócsillagok amatőr megfigyelőinek munkásságát, a Csillagászat Baráti Köre egyik alapítója és vezetője volt. Miután 1969-ben megszerezte diplomáját az ELTE-n, az akkor az MTA Csillagászati Intézetéhez tartozó bajai obszervatóriumba került, ahol elsajátította a vizuális és fotografikus műholdészlelés technikáját. 1973-ban a KGO munkatársa lett, és itt dolgozott folyamatosan 2007-es nyugdíjazásáig. 1982-ben lett egyetemi doktor a fotografikus asztrometria témakörében írt disszertációjával. Az asztrometria, vagyis a pozíciómeghatározás tudománya egész életében foglalkoztatta, akárcsak a pontos idő meghatározásának és a korrekciók értelmezésének módszerei. Mindez összefüggött a KGO geodéziai programjaival: vezető szerepet játszott a stelláris háromszögelés módszerének magyarországi kipróbálásában, de a Föld forgásának tanulmányozása és a rádióhullámok légköri terjedésének vizsgálata szintén kedvenc témái közé tartozott. Minden kutatásában arra törekedett, hogy amivel foglalkozunk, annak pontosan értsük fizikai alapjait és korlátait. Tanítványai az ELTE-n és a BME-n megtanulhatták tőle, hogy hogyan kell a tudományos-műszaki feladatokhoz kellő alázattal és felkészültséggel hozzáállni.

A KGO-t és az egész magyar csillagász-űrkutató társadalmat nagy veszteség érte dr. Fejes István és dr. Nagy Sándor halálával. Emléküket megőrizzük!

Almár Iván

BESZÁMOLÓK

MIZSER ATTILA

A Magyar Csillagászati Egyesület tevékenysége 2010-ben

A Csillagászat Nemzetközi Éve után egy csendes, ám feladatokban továbbra is bővelkedő esztendő következett: 2010. A Csillagászat Éve egy csekély mértékű részleges holdfogyatkozással búcsúzott 2009. december 31-én, amelynek „párja” egy hasonlóan szerény, alig 8%-os részleges napfogyatkozás volt 2010. január 15-én reggel. A rossz időjárás miatt alig néhányan látták a jelenséget hazánkból – és ezzel le is zajlott az év leglátványosabb égi jelensége.

Bőven jutott az új esztendőre is a fontos évfordulókból. Nevezetes távcsöves felfedezésekből 1610-ben is volt jó néhány – hála Galilei négy évszázaddal ezelőtti tevékenységének. A Galilei-holdak négyszáz évvel korábbi felfedezésének évfordulóján, január 7-én Galilei-estet tartottunk a Polarisban, amelynek csúcspontja természetesen a Jupiter-holdak távcsöves megfigyelése volt, többek között az AstroMedia által forgalmazott 12x-es nagyítású Galilei-féle távcsővel, amelynek egytagú optikái ugyancsak próbára tették a próbálkozókat. A Nemzetközi Csillagászati Unió az évfordulóhoz közeli időpontban, január 9–10. között tartotta Padovában a Csillagászat Nemzetközi Éve zárókonferenciáját, amelyen az MCSE-t Mizser Attila főtítkár képviselte. Ezek után talán természetes is, hogy a Polaris tavaszi előadás-sorozata a Galilei 1610–2010 címet viselte, és ifjúsági pályázatunk témájául is a Galilei-féle felfedezéseket választottuk.

A Csillagászat Évéhez kapcsolódott még két további, 2010-re áthúzódó jelentősebb esemény, amelyek az MCSE részvételével, illetve támogatásával valósultak meg.

Január 29-én tartották a Fizika Napját a győri Krúdy Gimnáziumban. Az eseményen, amelynek témái a csillagászat és az űrkutatás voltak, több ezer fiatal vett részt. Február 15–19. között tekinthették meg az érdeklődők a Magyar csillagászati épületek című kiállítást a Magyar Építőművészek Szövetségében.



Az MCSE (Magyar Csillagászati Egyesület) és az EMCSE (Erdélyi Magyar Csillagászati Egyesület) tagjai a két szervezet július 11–16. között a gyimesi Borospatakon megtartott közös észlelőtáborában.

Február 27-én ismét csillagásztörténeti találkozónak adott otthont a Polaris, az MCSE csillagásztörténeti portálja, a csillagaszattortenet.csillagaszat.hu szervezésében.

Április 9–10-én részt vettünk a Magyar Csillagászati Egyesületek és Alapítványok Országos Találkozásán, amelynek fő célja A Csillagászat Nemzetközi Éve eseményeinek áttekintése volt. Az MCSE részéről elmondhatjuk, hogy számtalan értékes program, rendezvény lebonyolításában vettünk részt, sok kiadvány megjelenését segítettük, ehhez azonban egyetlen fillér állami támogatást nem sikerült kapnunk. Az év programjainak lebonyolításához még 2008 őszén 20 millió Ft támogatásról kaptunk ígéretet az Oktatási Minisztériumtól. 2009 tavaszán ezt visszavonták, majd ősszel, amikor már a programok többségét megvalósítottuk, ismét kaptunk támogatásról szóló ígéretet, ezúttal 10 millió forintról. Az utófinanszírozásos rendszerben megvalósuló támogatást – amely a szerződéskötés fázisában volt – 2010 őszén visszavonta a Nemzeti Erőforrás Minisztérium. Így elmondhatjuk, hogy A Csillagászat Nemzetközi Évével kapcsolatos valamennyi többletkiadásunkat az MCSE tartalékaiból kellett fedeznünk.

Április 12-én, az űrhajózás napján csillagászati előadással, távcsöves bemutatóval, kiállítással és családi foglalkoztatóval vártuk az érdeklődőket a Klebelsberg Kultúrkúriában.

Április 24-i évi rendes közgyűlésünknek ismét a Klebelsberg Kultúrkúria adott otthont. A közgyűlés hivatalos programjának részeként együttműködési megállapodást írtunk alá a nemrégiben alakult Erdélyi Magyar Csillagászati Egyesülettel. Ennek egyik első eredménye volt a július 11–16. között Borospatakon, a Gyimesi Csángó Skanzenban, varázslatos környezetben megtartott EMCSE–MCSE tábor.

Ugyancsak április 24-én volt a Csillagászat Napja, amelyet némi kihagyás után ismét országsszerte több helyszínen tartottak helyi csoportjaink és társ-szervezeteink. Az első negyed táján járó Holdhoz „időzített” nemzetközi esemény hazánkban is egyre inkább gyökeret ver. A hasonló események (Múzeumok Éjszakája június 18-án, Kutatók Éjszakája szeptember 24-én) jó alkalmat biztosítanak az érdeklődő nagyközönséggel való találkozásra és az ifjúság ismeretterjesztő munkánkba való bevonására.

Május 29-én a meteorészlelők találkozójának adott otthont a Polaris. A hosszú ideje vegetáló észlelési terület 2009–2010 során új erőre kapott, mivel megkezdődött a hazai meteorkamera-hálózat kiépítése Igaz Antalnak köszönhetően.

Szeptember 18-án napórás találkozót szervezett Pécsen Napóra Szakcsoportunk és a pécsi helyi csoportunk, szeptember 25-én pedig változó-csillag-észlelőink találkoztak Esztergomban. Utóbbi rendezvény lebonyolításából esztergomi helyi csoportunk is kivette részét. Változócsillag-észlelőink találkozóját azért is érdemes külön kiemelni, mert ez az az észlelési terület, ahol a világszínvonalú hazai professzionális változócsillagászok és a téma amatőr művelői rendszeresen „egymásra találnak”, vagyis az amatőrök észleléseit a szakma közvetlenül felhasználja.

Az Aquincumi Múzeummal kialakult kapcsolatunk eredményeként november 13-án üstökösészlelőink találkozóját fogadta be az intézmény új szárnyában található szép előadóterem. A hely szelleméhez a találkozó elnevezése is alkalmazkodott: Julius Caesar szelleme – utalva arra, hogy a császár halálát egy fényes üstökös jelezte.

November 20-án szegedi helyi csoportunk találkozóján vehettek részt az érdeklődők a Szegedi Observatóriumban. Szeged különleges város az MCSE életében: népes és aktív helyi csoportunk működik itt immár több mint másfél évtizede. Az őszi szegedi találkozóknak már valóban jelentős hagyományuk van.

A Magyar Csillagászati Egyesület, a Duna–Dráva Nemzeti Park Igazgatósága, az MEE Világítástechnikai Társaság, az IDA és az IDA-Magyarország szeptember 2–4. között Kaposváron nemzetközi szimpóziumot szervezett a fényszennyezésről (10th European Symposium for the Protection of the Night Sky).

Táborok, észlelőhétvégék, megfigyelések

Az év legnagyobb létszámú csillagászati tábora volt az augusztus 5–8. között Tarjánban megtartott Meteor 2010 Távcsőves Találkozó, amelyen viszonylag kevesen, „mindössze” 280-an vettek részt. Ebben ugyanúgy szerepe lehetett a rendkívül rossz, esős időjárásnak, mint a gazdasági válságnak. A szombati napot kivéve a délelőttök szabadok voltak, nem ütemeztünk be előadásokat – most először próbálkoztunk meg ezzel.

Népes és eredményes észlelőtábort rendezett kiskun csoportunk július 12–18. között a Bács-Kiskun megyei Jászszentlászlón.

Két észlelőhétvégét szerveztünk Ágasvárra, tavaszra egy üstökösészlelő hétvégét, ősze pedig egy általános jellegűt. Támogattuk az egyre népe-sebb bátorligeti észlelőhétvégéket is (a hétvégékre kapott pályázati támogatás lebonyolítója volt az MCSE).

A megfigyelések közlésének első számú színtere a Meteor volt, de a Csillagváros felfutásával rengeteg kép és rajz is felkerült a közösségi portálra. 2010-ben hét ízben szerepeltek tagtársaink asztrofotói az APOD-on (Astronomy Picture of the Day): Ladányi Tamás (4), Éder Iván (2) és Ábrahám Tamás (1).

Polaris Csillagvizsgáló

Egyesületünk életében kulcsfontosságú szerepet tölt be az óbudai Polaris, amely bemutató csillagvizsgálóként egész éven át üzemel. A heti három alkalommal tartott rendszeres bemutató mellett gyakran fogadunk csoportokat, és különféle találkozókna, rendezvényeknek is otthont adunk. A Polarisban két szakkör működött 2010-ben: a középiskolás szakkör (Horvai Ferenc vezetésével) és a „kisszakkör” 8–12 éveseknek (Sárneckzy Krisztián vezetésével). A középiskolás szakkör nyáron is működött, Tóth András irányításával. Októberben indult tükörcsiszoló szakkörünk, amelynek munkáját Molnár Péter irányítja. Középiskolás szakkörünk tagjai szép sikereket értek el a különféle pályázatokon, ennek eredményeként Hanyecz Ottó, Galgóczi Gábor és Lukács Dávid részt vehetett a NASA huntsville-i úrtáborán.

A nyári időszakot kivéve rendszeres csillagnéző túrákat szervezett a budai hegyekbe Kerényi Lilla és Nyerges Gyula. A már említett Galilei 1610–2010 előadás-sorozatot követően ősszel ismét Kulin György Csillagászati Szabadegyetem elnevezéssel folytattuk keddi előadásainkat.

Három legaktívabb távcsöves bemutatónk Görgei Zoltán, Kárpáti Ádám és Molnár Péter volt, de természetesen még nagyon sokan segítettek a Polaris bemutatásait. Az év legnépesebb bemutatóját augusztus 12-én, a Perseida-meteorraj maximumának éjszakáján tartottuk. A hatszáz látogató igencsak próbára tette csillagvizsgálónk kollektíváját.

Kiadványok, internet

2010-ben is havonta megjelentettük egyesületi lapunkat, a Meteort, összesen 11 alkalommal; a 7–8. szám dupla terjedelemben készült. A Meteor csillagászati évkönyv 2011. évi kötete novemberben jelent meg, 3500 példányban. Mindkét kiadvány postázásában hónapról hónapra óriási segítséget nyújtottak a Polaris önkéntes munkatársai és szakkörösei.

Hírportálunk, a hirek.csillagaszat.hu elnyerte az „eFestival 2009” eTudomány kategóriájának 1. helyezését, valamint a Felhasználóbarát honlap 2009–2010 címet.

Támogatások

A 2010-ben kapott támogatások összege lényegesen kevesebb volt, mint az előző évben. Egyesületünket a Nemzeti Kulturális Alap, Óbuda-Békásmegyer Önkormányzata, Bús Balázs polgármester és Szabolcs-Szatmár-Bereg Megye Közgyűlése támogatta (pályázatok). Az 1%-os SZJA-felajánlások mértéke némiképp nőtt, 5 816 E Ft-ra.

ÁBRAHÁM PÉTER

Az MTA KTM Csillagászati Kutatóintézetének működése 2010-ben

A beszámolási időszakban az intézet az alapító okiratban rögzített feladatainak megfelelően alapkutatást végzett, valamint több egyetemen részt vett a felsőfokú oktatással kapcsolatos feladatok ellátásában. A fentiekkel összhangban az intézet munkatársai az alábbi témakörökben folytattak eredményes kutatómunkát.

Tudományos eredmények

A csillagok belső szerkezete és pulzációja

Az intézet kutatói új dinamikai jelenséget: perióduskettőződést találtak három – a Kepler-úrtávcső által megfigyelt – RR Lyrae csillagban (RR Lyr, V808 Cyg és V355 Lyr). Ez az első ilyen jellegű megfigyelés ennél a csillagtípusnál. A fénygörbében alternáló maximumok és minimumok, míg a frekvenciaspektrumban a fő pulzációs frekvencia és harmonikusai között félúton megjelenő fél-egész frekvenciák jelzik a perióduskettőződés jelenlétét. Négy másik csillag szintén mutat perióduskettőződésre utaló jeleket. Érdekes, hogy ezen csillagok mindegyike Blazskó-effektust is mutat. Azt találták, hogy a jelenség a modulációs ciklus bizonyos fázisaiban erősebb, mint máskor. Úgy tűnik, hogy a perióduskettőződés és a rejtélyes Blazskó-effektus között szoros kapcsolat lehet, s az új jelenség lökést adhat az évszázados probléma megoldásához is (Szabó R., Kolláth, Molnár L.)

A Florida–Budapest hidrodinamikai kóddal sikerült reprodukálni a perióduskettőződéses bifurkációt nemlineáris RR Lyrae modellekben. Ez lehetővé tette, hogy azonosítsuk a perióduskettőződést okozó mechanizmust, ami egy magas rendű (9:2) rezonancia, amely az alapl módus és a kilencedik felhang között jön létre. Ez utóbbi minden esetben úgynevezett „strange módus”. A rezonancia annyira erős, hogy akár 10%-kal is elhangolhatja a szóban forgó felhang periódusát. Ezeket a rezonanciákat idáig

nem vették figyelembe az elméleti vizsgálatokban. Eredményeink azt mutatják, hogy a radiális és minden bizonnyal a nemradiális módusok között is komplex kölcsönhatások jönnek létre az RR Lyrae csillagokban, amelyeknek fontos szerepük lehet a Blazskó-effektus kialakításában és magyarázatában (Kolláth, Molnár L., Szabó R.).

Huszonkilenc RR Lyrae csillag fényváltozását elemeztük a Kepler 138 napot átfogó megfigyelései alapján. 14 közülük Blazskó-effektust mutató csillag, amelyek mindegyikén egyidejű amplitúdó- és fázismoduláció is megfigyelhető. A Blazskó-periódusok 27,7 naptól több mint 200 napig terjednek. A V445 Lyr jelű csillagnál az 53,2 napos Blazskó-cikluson felül egy hosszabb, másodlagos változás is látszott. A Kepler egyedülálló pontossága az eddigi legkisebb modulációs változások kimutatását tette lehetővé. Ezen felül, a jól ismert harmonikus és modulációs csúcsszerkezet mellett egyéb frekvenciákat is találtunk a frekvenciaspektrumban. Négy csillagban ezek a frekvenciák közel esnek az első és/vagy a második felhang frekvenciájához. Ezen frekvenciákhoz tartozó amplitúdók a Blazskó-ciklussal szinkronban változnak. A V350 Lyr jelű csillag az első olyan kétmódusú RR Lyrae, amely az alapmódusban és a második felhangban pulzál (Benkő, Szabó R., Nuspl).

A CoRoT műhold által talált új, Blazskó-modulált RR Lyrae csillag (CoRoT 101128793) úrfotometriai adatait vizsgáltuk. A Blazskó-effektus nagysága egyike az RR Lyrae csillagokban eddig megfigyelt legkisebbeknek. Összesen 79 frekvenciát azonosítottunk, amelyek többsége a fő pulzációs frekvenciával és annak harmonikusaival, a Blazskó-frekvenciával, valamint kombinációs frekvenciákkal azonosítható. A spektrum ezeken felül két további frekvenciát tartalmaz, amelyek közül az egyik valószínűleg a második radiális felhanggal magyarázható (Paparó, Szabó R., Benkő).

2010-ben lezártuk a CZ Lacertae Blazskó-csillagról két észlelési szezonban, 2004-ben és 2005-ben a Sváb-hegyi 60 cm-es távcsővel gyűjtött BVRI fénygörbék analízisét. E vizsgálat feltárta, hogy a CZ Lac fénygörbéje egyszerre két periódussal (körülbelül 14,6 és 18,6 nappal) modulált. Ez az első több periodikus Blazskó-effektust mutató csillag, amelynél mindkét modulációs periódus egyértelműen és pontosan megállapítható. A két moduláció hasonló erősségű. A modulációk periódusai és amplitúdói a két szezon között jelentősen megváltoztak, miközben a közepes pulzációs amplitúdó kissé csökkent. A modulációs frekvenciák 5:4 rezonanciában voltak az első szezonban, ezt követően a frekvenciák ellentétes irányba változtak, és a 4:3 rezonancia közelébe kerültek a rákövetkező szezonra. A 2004-es szezonban a két moduláció kölcsönhatásaként a fénygörbe burko-

lója lebegési effektust mutatott 74 nap periódussal, ami hasonló az RR Lyr korábban megfigyelt 4 éves modulációerősség-változási ciklusaihoz (Só-dor, Jurcsik, Szeidl).

Vizsgáltuk a cefeidák fénygörbealakjának fémtartalomtól való függését a Fourier-együtthatók segítségével. Ezt a vizsgálatot extragalaktikus cefeidákra is kiterjesztettük a Hubble-űrtávcsővel észlelt cefeidák fotometriai adatainak elemzésével. Az extragalaktikus cefeidák fénygörbealakjának vizsgálatára vonatkozó eredmények megerősítették azt a korábbi megállapításukat, hogy a ϕ_{31} Fourier-paraméter nagyon érzékeny a cefeida fémtartalmára. Kimutattuk, hogy a 2 kpc-nél közelebbi cefeidákra a Hipparcos-katalógusban közölt negatív parallaxisok minden esetben kettős rendszerbe tartozó cefeidáknál fordulnak elő. Ez alátámasztja azt a tényt, hogy a fel nem ismert vagy figyelembe nem vett kettősség meghamisítja a trigonometrikus parallaxist (Szabados, Klagyivik).

A Kepler indítása előtt az űrtávcső látómezejébe eső cefeida jelölteket válogattak (szám szerint 40-et) előzetes égboltfelmérések és adatbázisok alapján. A jelöltek 322 nap hosszúságú Kepler adatsorát vizsgáltuk, ezenkívül földfelszíni spektroszkópiai és többszín-fotometriai kampányt szerveztünk. Az adatok együttesen lehetővé tették, hogy megerősítsük a V1154 Cyg cefeida klasszifikációját. A fáziskésés módszerét alkalmazva megállapítottuk, hogy a csillag alpmódusban pulzál, 4,9 napos periódussal. Az új radiálissebesség-adatok konzisztensek a régebbi mérésekkel, és valószínűtlenné teszik egy hosszú periódusú másodkomponens jelenlétét. A precíz, gyakorlatilag megszakításmentes fotometriai adatsorban a mikromagnitúdós szintig nem találtunk nemradiális vagy sztochasztikusan gerjesztett módusokra utaló jeleket. Kimutattuk, hogy a többi jelölt nem cefeida (Szabó R., Szabados, Derekas).

A piszkétetői 1 m-es RCC-teleszkóppal részt vettünk a WET (Whole Earth Telescope) 2002–2003-as nemzetközi fotometriai kampányában, amelynek fő célpontja egy rövid periódusú B szubtörpe (sdB) csillag, a KPD 1930+2752 volt. Az objektum ellipszoidális változó, a kettős rendszer keringési periódusa kicsivel hosszabb mint két óra. A kísérő valószínűleg fehér törpe, és a rendszer össztömege meghaladja a Chandrasekhar-határt, így egy Ia típusú szupernóva elődcsillagáról van szó. A 355 órányi WET-adat alapján 68 pulzációs frekvenciát találtunk, és 13 további frekvencia valószínűsíthető a zsúfolt, összetett és időben is változó frekvenciaspektrumban. Az eredmények alapján egy rendkívül bonyolult pulzátor képe rajzolódik ki, amely egyaránt mutat rövid időskálájú amplitúdóváltozást, forgás miatti felhasadt módusokat, gömbszimmetriától való eltérést, árapály keltette pulzációs módusokat és relativisztikus Doppler-effektust (Bognár, Paparó).

A Tejútrendszer legidősebb csillagpopulációját tartalmazó gömbhalmazok multiobjektum-spektroszkópiai vizsgálatait kiterjesztettük a halmazfejlődés irányába. A 47 Tucanae objektumnál a több mint 3000 halmaztag sebességeloszlásának vizsgálatából kinematikailag két populáció jelenlétére következtettünk, amire lehetséges magyarázatot adhat két protogömbhalmaz egybeolvadása körülbelül 7,3 milliárd évvel ezelőtt. A hipotézis természetes magyarázatot ad a 47 Tuc rendszerszintű forgására, illetve csillagainak ellipszoidális térbeli eloszlására. A 14 gömbhalmazból álló teljes minta egyetlen halmazában sem találtunk szignifikáns utalást sötét anyag jelenlétére, ugyanakkor a sebességszórás átlagos értékének helyfüggése a Tejútrendszeren belül mutatja a galaxisunk gravitációs terének árapályfűtő hatásait (Kiss L., Szabó Gy.).

Aktív jelenségek csillagokon

A TYC 2627-638-1 jelű objektumot BV(RI)_C és JHK_s fotometria, valamint kis és nagy felbontású spektroszkópia segítségével vizsgáltuk. Az objektum két fősorozati vagy fősorozat előtti G színképtípusú csillagból áll, amelyek valószínűleg egy tág kettős rendszert alkotnak. A radiálissebesség-változás arra utal, hogy a fényesebb komponens körül egy szubsztelláris kísérő kering. A fényesebb komponens mellett valószínűleg egy halvány, késői típusú csillag is található. A rendszer mindkét fényes komponense Ca II H és K emissziót és telített H α abszorpciót mutat, vagyis mindkettő aktív csillag. A fotometriai mérések néhány század magnitúdós, feltehetőleg foltok okozta modulációt mutatnak. A fényességváltozásokban két (3,5 és 3,7 napos) periódus látható, amelyről – a két komponensről külön készült fotometria alapján – megállapítottuk, hogy az a fényesebb csillag foltjainak köszönhető. A halványabb komponens jóval lassúbb változást mutat körülbelül 0,3 magnitúdós amplitúdóval. Emellett mindkét csillagon megfigyelhető hosszú időskálájú változás is. A halvány komponens spektrálisenergia-eloszlásában közeli-infravörös többlet figyelhető meg (Oláh, Vida, Moór).

Az EY Dra és a V374 Peg esetében a fotoszféra és a kromoszféra jelenségeit vizsgáltuk párhuzamosan fotometriai mérések és H α színeképek segítségével. Az EY Draconison látható erős kromoszferikus emisszió korrelációt mutat a fotoszféra aktív régióival, ami ezek kapcsolatára utal. Az EY Draconison a fotoszféra aktivitása hetes időskálán stabil, míg a V374 Peg éjszakáról éjszakára változik. A V374 Pegasin két erős flert figyeltünk meg: egyet a H α spektrumokban, egyet pedig a fotometriai adatsorban, emellett tizenkét kisebb fler is látható volt a kilenc éj-

szaka alatt. A két csillag a teljes konvekció határa alatt, illetve fölött található, így az aktivitási jellegük összehasonlítása segíthet a különböző felépítésű csillagokban működő dinamómechanizmusok megértésében (Vida, Oláh, Kővári).

A V889 Her gyorsan forgó ($P_{\text{rot}} \sim 1,337$ nap) fiatal, aktív csillag azért különösen érdekes, mert a fiatal Naphoz hasonlít. Kromoszférájáról és fotoszférájáról összegyűjtött észlelések feldolgozásával elvégeztük a légkör rétegeinek feltérképezését. Először a csillag tulajdonságait, paramétereit pontosítottuk, illetve magas szélességeken megjelenő foltosodást valószínűsítettünk körülbelül 1500 K hőmérséklet-különbséggel. Ez utóbbit a Doppler-leképezéssel is megerősítettük. A kromoszférikus emisszió forgási modulációját foltmodellezés alapján a Napon megfigyelhető fátylamezőkre emlékeztető aktív területekkel magyaráztuk. A Doppler-leképezést egy differenciális rotációt feltételező paraméterkereső eljárással kiegészítve újra elvégeztük, amelynek eredményeként gyenge, ám egyértelmű, Nap típusú felszíni nyírást tapasztaltunk $\Delta\Omega/\Omega \sim 0,009$ nyírási paraméterrel (Kővári, Vida, Oláh).

Napaktivitás

A Nap egy aktív vidékének pereméről a Hinode/EIS műszere által megfigyelt plazmakiáramlások eredetét vizsgáltuk háromdimenziós MHD szimulációk segítségével. A szétoszlóban lévő aktív vidék egy koronalyukban helyezkedett el, azaz a bolygóközi tér felé nyitott mágneses környezetben. Az észlelt mágneses paraméterekkel indított szimulációban plazmakiáramlás jelent meg a fejlődő (táguló) aktív vidék közvetlen környezetében a koronalyuk nyitott erővonalai mentén. A szimulációban megjelenő plazmaáramlások fizikai jellemzői igen hasonlóak voltak a megfigyeltekhez. Ez a mechanizmus működőképes lehet gyakoribb mágneses konfigurációkban is, így az aktív vidékekben általánosan megfigyelt plazmakiáramlások egyik lehetséges hajtó mechanizmusa lehet (van Driel-Gesztelyi).

A 2006. december 13–14-én megfigyelt két koronakitörés következményeit tanulmányoztuk Hinode/EIS és XRT, SOHO EIT és MDI, valamint $H\alpha$ adatok felhasználásával. Kimutattuk, hogy az anyagkidobás miatt elsötétült koronaterület strukturált volt: erősebb kiáramlások a nagyléptékű koronahurkok talppontjai közelében voltak megfigyelhetők. Ahogyan a korona lassan regenerálódott, a plazma kiáramlási sebessége jelentősen lecsökkent, de a kiáramlások dinamikusak és komplikáltak maradtak. A korona kifényesedése új, fényes koronahurkok megjelenésének volt tulajdonítható (van Driel-Gesztelyi).

A Nap képein a granulák közti nagyobb, sötétebb tartományok és a kis méretű napfoltok képi tulajdonságai igen hasonlóak, ezért nehezen különböztethetők meg. De megfelelő gyakorisággal készített képekkel ezen lehet segíteni. Ennek a problémának a megoldására kifejlesztettünk egy programot, amely különösen hasznosnak bizonyult az SDO (Solar Dynamic Observatory) képek feldolgozásánál (Györi).

Csillagkeletkezés és az intersztelláris anyag fizikája

Feldolgoztuk a PV Cephei fiatal eruptív csillagról több éven át gyűjtött optikai és infravörös fotometriai és optikai spektroszkópai adatokat. A PV Cep fényessége az I_c sávban 2005 és 2009 között mintegy 4 magnitúdónyit csökkent. A tömegbefogást (akkréciót) jelző Ca II emissziós vonalak alapján számolt akkréciós ráták azt mutatják, hogy a PV Cep akkréciós luminozitása a fotoszféráival azonos nagyságrendű, és a vonalak fluxusváltozása szerint ebben az időszakban az akkréciós ráta csökkenése csak nagyjából 1 magnitúdó halványodásról adhat számot. A halványodás nagyobb része a csillagot körülvevő anyag extinkciónövekedésének eredménye. A változások időskálája kizárja, hogy a többletextinkciót a korong aszimmetriája vagy egyéb inhomogenitásai okozzák. Megmutattuk, hogy az extinkcióváltozás szorosan összefügg a változó akkrécióval: a központi forrás luminozitása és hőmérséklete lecsökkent, így az akkréciós korong belső tartományainak hőmérséklete is lecsökkent, ezért por kondenzálódott benne. Az újonnan keletkezett por lehet a többletextinkció forrása. Mivel a por szublimációs tartománya a csillag–korong-rendszer 2 mikronos többletsugárzásának fő forrása, a szublimációs sugár csökkenése a K_s magnitúdó esésében is tetten érhető (Kun).

A Spitzer-űrtávcső MIPS kameráját, illetve IRS spektrográfját felhasználva 82 F színképtípusú csillag körül kerestek port. Huszonhét csillagnál találtunk törmelékkorongot, ezek közül kilenc új felfedezés. A HD 50571 és HD 170773 jelű csillagok körüli por eloszlása marginálisan kiterjedt a MIPS kamera 70 μm -es felvételein. A MIPS és IRS méréseket további infravörös és szubmilliméteres mérésekkel kombinálva a legtöbb korongjuknál nagyon jó színképi lefedettséget sikerült elérni. Huszonkét törmelékkorongnál a megfigyelt infravörös többletet egyetlen hőmérséklet-komponensű porgyűrű modellel, öt esetben pedig két hőmérséklet-komponensű modellel sikerült illeszteni. Az utóbbi rendszerek esetén a csillag körül valószínűleg két porgyűrű található. A várakozásokkal összhangban a korongok luminozitási aránya a rendszerek korával csökken, a tapasztalt csökkenési ráta a fejlődési modellek által jósoltaknak megfelelő. A porgyűrűk csillagoktól mért távolságainak eloszlása összhangban van mind

az „öngerjesztett”, mind pedig az esetleges nagybolygók által gerjesztett korongokra – modellekből származó – jellemző eloszlásokkal (Moór).

A Radial Velocity Experiment (RAVE) felmérés radiálissebesség-adatait egyéb asztrometriai információkkal kiegészítve három közeli, fiatal mozgási halmaz (β Pic mozgási halmaz, ϵ Cha és Tucana–Horologium asszociációk) eddig ismeretlen új tagjai után kutattunk. Szigorú kritériumokat alkalmaztunk a lehetséges hamis jelöltek kiszűrésére, megkövetelve, hogy a röntgentartományban mért tulajdonságaik, illetve elhelyezkedésük a szín-fényesség diagramon hasonló legyen a már ismert halmaztagokéhoz. Nagy felbontású optikai spektroszkópiai méréseket felhasználva sikerült további bizonyítékokat is szerezni a kiválasztott célpontjaik halmaztagságáról. Amellett, hogy a három csoport 10 már korábban is ismert tagját „újra felfedeztük”, hét új, késői (K, M) színképtípusú tagot azonosítottunk. Az új tagok listáját még két további taggal – HD 25402 és HD 160305 – bővítettük (Kiss L.).

Általánosan elfogadott elképzelés, hogy a fiatal, kis tömegű csillagok korai fejlődésük során a tömegüket időben nem egyenletesen gyűjtik be környezetükből. Néhány hónapos-éves időszakokra a forrásokra jellemző akkréciós ráta akár három nagyságrenddel is megnőhet – ilyenkor több energia szabadul fel, és a forrás kifényesedik. A kitörések során megváltozhat a csillag körüli korong szerkezete, a benne található por összetétele. Így a kitörések a Naphoz hasonló csillagok bolygórendszeinek kialakulását is befolyásolják. A V1647 Ori jelű eruptív csillagot a 2003–2006 kitörése alatt vizsgáltuk, hogy jobban megértsék a kitörésekhez kapcsolódó folyamatokat. A beágyazott forrást a kitörés során kétszer sikerült megfigyelni a Very Large Telescope Interferometer (VLTI) MIDI műszerével. A VLTI adatokat optikai, infravörös és szubmilliméteres fotometriai adatokkal egészítettük ki. A kitörés elején megfigyelhető volt, ahogyan a por (szublimációs) sugara kitolódott a megnövekedett hőmérséklet hatására. A kitörés végéről származó adatokat, főként a második MIDI mérésből származókat, egy módon lehetett értelmezni: a burok anyagát 3 CSE távolságon belülről valami (például szél, kifúvás) kimozgatta (Mosoni, Ábrahám).

Exobolygórendszerek

Az Intézet kutatói felfedeztek 4 újabb fedési exobolygót, amelyek közül csak egy érdekesebből lesz itt szó.

A HAT-P-15b egy G5 típusú főszorozatbeli csillag körül enyhén elliptikus pályán keringő 2 Jupiter-tömegű bolygó. A pálya fél nagytengelye közel van a 0,1–1 CSE intervallumban található úgynevezett „periódus-

völgyhöz”, a ma ismert exobolygók által viszonylag ritkábban populált régióhoz. A kapott tömeg- és sugárértékeket összevetve a különböző tömeg- és kémiai elem-eloszlású modellekkel azt találtuk, hogy a bolygó tömegének mintegy 2%-át alkothatják fémek (valószínűleg a magban koncentráldva). A tömeg fennmaradó részét pedig hidrogén és hélium alkotja. Fontos megjegyezni, hogy HAT-P-15b nem mutatja a szokásos sugáranomáliát. Ennek valószínű oka az, hogy a bolygó a csillagtól már elég távol kering ahhoz, hogy a besugárzás miatti, eddig még nem teljesen felderített effektusok ne játsszanak fontos szerepet az egyensúlyi sugár kialakításában. A rendszer jó célpont a kevésbé forró bolygóléggörök transzmissziós spektroszkópiával történő tanulmányozására, hiszen átvonulása az apasztронhoz közel történik, így ennek idején a becsült egyensúlyi hőmérséklet mintegy 820 K (Kovács G.).

Tanulmányoztuk a fedési exobolygók Rossiter–McLaughlin-effektusát, különös tekintettel a radiális sebesség-görbék és tranzitmérések kombinálásból adódó fizikai paraméterekre. Nagyszámú numerikus szimuláció elemzésével azt kaptuk, hogy az effektusból az exohold sugarára kapható a legerősebb megkötés, amit kombinálva a tranzitgörbékől becsülhető tömeggel, kísérleti eljáráshoz lehet jutni az exoholdak sűrűségének meghatározására (Simon, Szabó Gy., Kiss L.).

A többszörös bolygórendszerek megfigyelésével lehetőség van a kölcsönös perturbációk eredményeképpen a bolygók tömegének, illetve pályahajlásának meghatározására. A radiális sebesség-görbék pontos vizsgálata felfedheti ezeket a bolygó-bolygó kölcsönhatásokat, és ezáltal pontosabb kép kapható az adott bolygórendszerről. Mint az általános adatmodellezési problémáknál, itt is az ismeretlen paraméterek egy halmazát kell illeszteni az adatsorra. Az egyes illesztési módszerek, illetve hibabecslő eljárások megkövetelik a modellfüggvény ezen paraméterek szerinti deriváltjainak ismeretét. A meghatározott összefüggések segítségével megvizsgáltunk néhány konkrét, két bolygót tartalmazó rendszert. A radiális sebességeken felül meghatároztuk a baricentrikus koordináták és az egyes valós térbeli sebességértékekre vonatkozó hasonló összefüggéseket is. Ezek az összefüggések elősegítik a radiális sebességen alapuló asztrometriai és fedési fotometriai mérések párhuzamos vizsgálatát (Pál A.).

Ismert fedési exobolygók átvonulásait mértük a Piskéstetői Observatórium műszereivel, összesen 85 éjszakán. Az adatok feldolgozását néhány speciális rendszerrel kezdtük, például a HAT-P-13 rendszerével, amelyben a második bolygónak április végére volt előre jelezve a lehetséges tranzitja. Nemzetközi kampányt szerveztünk a minél telje-

sebb lefedettségért. A null-detektálásból a fedési jelleget kizártuk, illetve szimulációkkal konfidencia-szintet rendeltünk a kizáró következtetéshez (Szabó Gy. Kiss L.).

A Naprendszer égitestjei

A Spitzer-űrteleszkóp termális infravörös tartományban készített megfigyelési anyagának feldolgozását végeztük az üstökösmagok méretének, albedójának meghatározása céljából. Ebben a programban a Jupiter-családhoz tartozó 100 üstököst vizsgáltunk a Spitzerrel közép-infravörösben és nagy földi teleszkópokkal a látható fény tartományában. Ez a Jupiter-család ma ismert üstököseinek mintegy 25%-a, vagyis az eddigi legnagyobb ilyen megfigyelési anyag. A Spitzer által megfigyelt üstökösök magjának infravörös fluxusát határoztuk meg a magot körülvevő aktív porkóma jelenléte mellett, és meghatároztuk a magok méretét is. Az infravörös megfigyeléseket érdemes volt kiegészíteni a látható fényben végzett megfigyelésekkel is két okból: i) így a mag mérete és albedója függetlenül meghatározható, ii) a földi teleszkópokkal idősor megfigyelése is lehetséges, amelyből a mag alakja és tengely körüli forgásának ideje meghatározható (Tóth I.).

A „TNOs are Cool” Herschel Open Time Key Program célja, hogy fizikai és termális tulajdonságokat származtasson egy kentaurokból és Neptunuszon túli égitestekből (rezonáns, klasszikus, „leválasztódott” és szórakorong objektumok) álló nagy mintára. Ebben a vizsgálatban hét objektumot tanulmányoztunk, amiket a Herschel/PACS pontforrás-, vagy „miniszken térkép” módjában észleltek. Ezeket a méréseket három esetben kiegészítettük a Spitzer/MIPS mérésekkel is. Az égitestek mérete 100 és 1000 km közötti, öt égitestnek alacsony (10% alatti) a geometriai albedója, a (145480) 2005 TB190 albedója 15% felett van. A klasszikus termális modellek – amelyekben vagy közepes „beaming” paramétert használtak, vagy a színváltozáshoz illesztették ezt – jól egyeznek a több színben készült mérésekkel. A bonyolultabb modellek is hasonló átmérőket és albedókat adtak, a kapott hőtehetetlenségek pedig a $0\text{--}25\text{ J m}^{-2}\text{s}^{-0.5}\text{K}^{-1}$ tartományban változtak. Ez konzisztens a nagy naptávolságoknál várt alacsony hővezetési képességekkel. A projekt keretében összesen mintegy 140 objektumra fogunk hasonló tulajdonságokat származtatni, ami segít majd megérteni a Naprendszer törmelékkorongját, és így más rendszerek törmelékkorongjait is (Kiss Cs.).

A 2010 őszén indult Piszkéstető Supernova and Trojan Asteroid (PISTA) Survey keretében talált 481 kisbolygó felfedezését ismerte el ideiglenes jelöléssel a Minor Planet Center, és a program során felfedeztünk egy távoli, nagy luminozitású szupernóvát (SN 2010jk) is (Sárneczky, Kelemen).

Egyéb témák, interdiszciplináris kutatások

Gammakitörések. Megmutattuk, hogy az általunk korábban talált közepes időtartamú gammakitörések kevesebb energiát szabadítanak fel, és utófényük is halványabb, mint a hosszúaké, különösen ha a röntgentartományban mérhető utófényeket vizsgáljuk, amelyek egy nagyságrenddel halványabbak, mint a hosszúaké. Hasonló tendencia látható a vöröseltolódások eloszlásában is, amely alapján a közepes gammakitörések közelebb vannak hozzánk, mint a hosszúak. A vizsgálatok szerint a közepesek fizikai tulajdonságai különböznek a rövidekéitől, de eltekintve a kisebb fényességtől, hasonlóak a hosszúakéihoz. Kutatóink szerint a közepesek és a hosszúak szülőobjektuma azonos, és a különbség mindössze annyi, hogy a kitörés során ledobott héjak a közepeseknél vékonyabbak, mint a hosszúaknál (Balázs L.).

Csillagásztörténet. Befejeztük a Pécsi Egyetemi Beszédek csillagászati tartalmának előzetes vizsgálatát. Néhányuk meglepően sok csillagászati utalást tartalmaz. Ezek a kor szintjének megfelelő csillagászati tudást mutatnak. A Beszédek szerzője ismerte Arisztotelész filozófiáját, és általában azt követte. A csillagászati hivatkozások eredeti forrását is igyekeztünk megkeresni, ami egy-két eset kivételével sikerült. Igazoltuk azt a korábbi sejtést, hogy a Beszédekben cremonai Gellért régi *De Caelo* fordítását használták. Magyarországi Kopernikusz *De revolutionibus* példányok sorsát igyekeztük nyomon követni. Felhívtuk a figyelmet eddig ismeretlen négy példányra. Megjelent a Csillagászat és kultúra című gyűjteményes kötet (Zsoldos, Barlai).

Párbeszéd a tudomány és a társadalom között

A csillagászat azon kevés természettudományok egyike, amelyre a szélesebb közvélemény is figyel. Eredményei rendre megjelennek az írott és elektronikus sajtóban. Az érdeklődés fenntartásában, az új eredmények szélesebb megismertetésében és a külföldi szakmai eredmények szakszerű tolmácsolásában az intézet kutatói tudatosan és nagy elkötelezettséggel vesznek részt. Csak néhány fontosabbat kiemelve ebből a tevékenységből: a nagy sikerű csillagaszat.hu hírportál gondozása (főszerkesztőként, állandó és alkalmi szerzőkként), évente százas nagyságrendben ismeretterjesztő előadások tartása, riportok, interjúk adása a legkülönbözőbb sajtótermékeknek. Utóbbiakra az aktuális események, például a Kepler-űrtávcső legújabb (esetenként magyar) felfedezései, a kassai meteorithullás, vagy a Piskésten felfedezett szupernóva adták az alkalmat. Az MTA Lendület-programját is komoly sajtóérdeklődés kíséri, ami az intézetben

folyó Lendület-kutatásra az exobolygók vizsgálatára is igaz. Az intézeti kutatásoknak a nagyközönséghez való közelebb vitelét szolgálják a nyílt napok (évente kétszer), de az is, hogy a Piskéstetői Observatórium egész évben nyitva áll az érdeklődő csoportok előtt. A látogatások nemzetközi színvonalú lebonyolításához látogatócentrumok kialakítására lesz szükség mind Budapesten, mind Piskéstetőn. Ezek tervezése, az igények és lehetőségek felmérése megkezdődött. Népszerű volt a Határ a csillagos ég című pályázatunk, amellyel a középiskolás korosztályt céloztuk meg. A nyertes az egyik mátrai távcsövön észlelhette kedvenc objektumát. Az Intézet kutatói folyamatosan tudatosítják a közvéleményben és a döntéshozókban a fényszennyezés gazdasági, környezeti, kulturális kártételeit. Esetenként speciális szaktudást igénylő szakértői feladatokat is vállalnak (például közlekedési baleset kivizsgálásánál).

Hazai és nemzetközi kapcsolatok¹

Hazai kapcsolatok

A beszámolási időszakban új intézményi kapcsolatokat alakítottunk ki hazai csillagászati kutatóhelyekkel (SZTE Observatóriuma, Bajai Observatórium, ELTE szombathelyi Gothard Observatóriuma) a NEKIFUT stratégiai jelentőségű kutatási infrastruktúra-hálózata keretében. Az Óbudai Egyetem Informatikai Karával felsőlégkör-kutatási együttműködés kezdődött. A Collegium Budapest munkájában vendégkutatókként vetünk részt. A Kepler-űrtávcső KASC konzorciumához kapcsolódó közös munka indult a BKMÖ Bajai Observatóriumának és az ELTE Gothard Observatóriumának munkatársaival.

Az intézet kutatói a beszámolási időszakban is részt vettek az egyetemi oktatásban graduális és a doktori képzésben meghirdetett előadásokkal, gyakorlatok tartásával, valamint szakdolgozati és doktori témavezetéssel. Az alábbi előadásokat, illetve gyakorlatokat tartották: *ELTE-n előadás:* A csillagok világa, Csillagaktivitás – aktív csillagok I–II, Observációs csillagászat: változócsillagászat, Asztrostatisztika I–II, Planetológia I–II, A napfizika legújabb eredményei, Galaktikus csillagászat, Csillaglégkörök fizikája, A tudományos közlés művészete. *Gyakorlat:* Mérési gyakorlat IV. éves fizikus hallgatók számára. *DTE-n előadás:* Zenei akusztika, *SZTE-n előadás:* Digitális képrögzítés I–II.

¹ A korábbi évektől eltérően csak az új kapcsolatok szerepelnek. A folyamatos együttműködésekért lásd a Meteor csillagászati évkönyv korábbi köteteiben.

Nemzetközi kapcsolatok

A hosszabb ideje meglevő és folyamatosan gyümölcsöző nemzetközi együttműködésekben túl 2010-ben elindult két új űrtávcsövekhez kapcsolódó és az EU FP7 keretprogramja által támogatott projekt. Az egyik az IRSES (International Research Staff Exchange Scheme), amely a Kepler-űrtávcső csillagpulzációt vizsgáló KASC konzorciumához kapcsolódik, míg a *Cesar* (*Cryogenic Electronics for Space Applications and Research*), amelyben a Saclay asztrofizikai intézettel működnek együtt, az ESA jövő űrtávcsöveinek fejlesztéséhez járul hozzá. Az ESA által tervezett új generációs exobolygó-kutató űrtávcső, a *PLATO* konzorciumi tagjai lettünk. Szoros kutatási együttműködés alakult ki a University of Sydney-vel.

2010-ben is számos esetben sikerült elnyerni észlelési időt csillagászati nagyműszerekre nemzetközi együttműködésben (például a NASA Spitzer infravörös űrtávcső, VLT – ESO, Chile). A benyújtandó pályázatok közös kidolgozásában együttműködtünk a MPIA Heidelberggel, STScI Baltimore-ral. Szoros együttműködésünk volt a Harvard Smithsonian Center for Astrophysics intézettel (HATNet) az exobolygók kutatásában. Rendszeres megfigyeléseket végeztünk a Teide Observatóriumban az EU FP7 Opticon programja támogatásával.

Rendezvények, mobilitás

Az év során több jelentős nemzetközi találkozót és konferenciát is szerveztek az intézet kutatói: „TNOs are Cool!” Herschel Open Time Key Program Data Reduction Workshop (február 16–18., Budapest), A&A Executive Committee és A&A Board Meeting (május 7–8., Budapest), Dust from the ISM to Rocky Planets (augusztus 28., Budapest), SOTERIA 2nd General Meeting (október 4–7., Debrecen), és Herschel-űrtávcső PACS műszeréhez kapcsolódó 36. ICC (Instrument Control Centre) Workshop (október 7–8., Budapest). Az intézet kutatói több hosszabb tanulmányutat tettek az ESO központjában (Garching, Németország), a University of Texas-on (Austin, USA), az MPI für Astronomie-ban (Heidelberg, Németország) és Laboratoire d’Astrophysique-ban (Marseille, Franciaország). Vendégkutatókat fogadtak Finnországból, Japánból és Bulgáriából.

A 2010-ben elnyert fontosabb pályázatok

Az év során három nemzetközi pályázat volt sikeres. A korábban említett IRSES (2011–2014, 14 700 euró) és Cesar (2010–2013, 30 970 euró/év) projekteket az EU FP7-es keretprogramja támogatja. Sikerral pályáztunk a

CoRoT-űrtávcsővel végzett munka meghosszabbítására is az ESA PECS keretére (2011–2013, 25 000 euró/év). A Többszörös exobolygórendszerek szerkezete és fejlődése, OTKA–NKTH Mobilitás Reintegrációs (C típusú) pályázatunk is sikerrel járt (2010–2013, 89,1 MFt). 2010-ben elindult három új OTKA pályázat, és az év során egy újabbat nyertünk el a Kepler-űrtávcső KASC konzorciumában végzendő munkához (2011–2015, 39,438 MFt). Elindult egy francia–magyar TéT együttműködés is.

Műszerfejlesztés, számítástechnika

A Kiss László vezette Lendület-program keretében egy új robottávcső telepítése kezdődött el a Piszkestetői Observatóriumban. Noha a minilépületbe megálmodott 40 cm-es RC-teleszkóp egyszerűsített építési engedélyeztetésre lett volna jogosult bárhol máshol, Piszkestető környezetvédelmi szempontból a Natura 2000 szabályozása alá tartozik. Emiatt teljesen formális építési engedélyeztetési eljárást kellett kezdeményezni, így 2010. június elejére készültek csak el a hivatalos építési engedélyek. Ennek ellenére az épület és a távcső mechanikai-optikai szerelése az év során elkészült. A komplett meteorológiai mérőállomással ellátott műszer internetes távészlelésre is alkalmas lesz, ami lehetővé teszi, hogy minden derült, mérésre alkalmas éjszakán megfigyeléseket végezzenek. A robottávcső fő célja fedési exobolygók tranzitfotometriája lesz. A távcső, CCD-kamerájának beszerzése után, 2012-ben áll üzembe.

Szintén a Lendület pályázatnak köszönhetően a Schmidt-távcső elavult 11 éves Photometrics CCD-kameráját kicseréltük egy Apogee Alta U16 folyadékhűtéses kamerára. A kamera 4048×4048 pixeles 9 mikronos pixelekkel, így a Schmidt-teleszkóp egyedi képein rögzített égterület a kameracserével tízszer nagyobb lett, ami a CCD jobb elektronikai karakterisztikaival kombinálva több mint egy nagyságrendnyi ugrást hozott a távcső teljesítőképességében. A fotometriai pontosság is duplájára nőtt. A kamerához új szűrőváltót (Optec 1FW 3") és szűrőkészletet (Bessell BVRI) is vásároltunk.

Tavasszal vásároltunk az Egyesült Államokból egy speciális éjszakai videokamerát olyan nagylátószögű optikával, amivel a teljes éjszakai égbolt állapotát (felhőfedettség, felhőképződés) nyomon lehet követni. A kamerához beszerzett videószervert lehetővé teszi a kamera analóg jelének megtekintését böngészőből, az interneten keresztül bárholonnan.

Régi törekvés eredményeképpen sikerült a Piszkestetői Observatórium internet-vonalának sávszélességét megemelni: egy új, 34 Mbps se-

bességű mikrohullámú kapcsolatot épített ki az NIIF a gyöngyösi Károly Róbert Főiskola felé. Az év során sikerült beszerezni egy további Coraid tárolóegységet (SR1621) és további Cisco Wireless AccessPoint-okat. Az NIIF kihelyezett az Intézetbe egy Polycom VSX 7000-es videokonferencia-berendezést.

Személyi állomány

2009 decemberében Balázs Lajos igazgató nyugdíjba vonult. Az igazgatói posztra (2009-ben leadott pályázata alapján) 2010. január 1-jével az MTA főtitkára Ábrahám Péter tudományos tanácsadót, korábbi tudományos igazgatóhelyettest nevezte ki. A megürült tudományos igazgatóhelyettesi posztra (szintén pályázat útján) Kiss L. László tudományos tanácsadó került. A beszámolási időszakban történt további személyi változások. Állományba került: Elek Elza, Sárneczky Krisztián, Szalai Nikolett, Szing Attila, Uhlár Karola, távozott: Kiss Zoltán, Hurta Zsombor.

PETROVAY KRISTÓF

Az ELTE Csillagászati Tanszékének működése 2010-ben

Személyi állomány

A tanszék személyi állománya 2010 őszén a következő volt.

ELTE alkalmazásban: Petrovay Kristóf tanszékvezető docens; Érdi Bálint egyetemi tanár, Balázs Béla emeritus professzor, Forgácsné Dajka Emese adjunktus, Szécsényi-Nagy Gábor adjunktus, Tóth L. Viktor adjunktus, Süli Áron tud. munkatárs (OTKA posztdoktori pályázat), Tian Chunlin tud. munkatárs (EU 6. keretprogram, Solaire projekt), Marschalkó Gábor tud. segédmunkatárs (TáMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0003), Hevele Ildikó ügyviteli alkalmazott.

Vendégkutatók: Derekas Aliz posztdoktori ösztöndíjas (Magyary Zoltán-ösztöndíj), Funk Barbara posztdoktori ösztöndíjas (Schrödinger-ösztöndíj).

Vendégoktatók: Fáy-Siebenbürgen Róbert, Hetesi Zsolt, Klagyivik Péter, Nagy Imre, Pál András.

Doktoranduszok: Dobos Vera, Marton Gábor, Plachy Emese, Rajnai Renáta, Verebélyi Erika, Zahorecz Sarolta.

A beszámolási időszakban felterjesztésünk alapján az ELTE szenátusa egyetemi magántanári címet ítélte meg Balázs Lajosnak, az MTA Csillagászati Kutatóintézete nyugalmazott igazgatójának, aki egyetemi kurzusok tartásával és témavezetéssel évtizedek óta fáradhatatlanul segíti a csillagász hallgatók képését.

Oktatás

A beszámolási időszakban a bolognai átállás gyakorlatilag lezárult: 2010 szeptemberétől már mind az öt évfolyamon a bolognai rendszer szerint folyik a képzés. Akadnak azonban még a régi osztatlan képzésben tanuló, lemaradt hallgatók is.

A 2010. decemberi kari diákköri konferencia csillagászati szekciójában Szécsi Dorottya (tv. Bagoly Zsolt, Horváth István) és Szulágyi Judit (tv. Ábrahám Péter, Pascucci Ilaria) dolgozatai I. díjban, Fehér Orsolya és Lisztes Mónika (tv. Zahorecz Sarolta) valamint Hodosán Gabriella (tv. Kiss László, Szabó M. Gyula, Simon Attila) dolgozatai pedig II. díjban részesültek.

2010-ben az alábbi hallgatók tették le a csillagász szakos államvizsgát: Bakai Zoárd, Dénes Helga, Dobos Vera, Elek Elza, Fuhl Ádám, Geréb Katinka, Gergely Bettina, Koponyás Barbara, Lukács Katalin, Ollé Hajnalka, Ribárik Orsolya, Szalai Nikolett, Szutyányi Márk, Törő Olivér, Zahorecz Sarolta.

Kutatás

Az év elején az ELTE négy másik egyetem mellett elnyerte a kutatóegyetemi címet. A kutatóegyetemek részére többletfinanszírozás egyelőre csak pályázati úton juttatható. Ehhez kapcsolódóan uniós forrásból az NFÜ kiírt egy, a felsőoktatás minőségnek javítását és az egyetemi kutatások előmozdítását célzó pályázatot (TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR), amelyek egyikét egyetemünk nyerte el. A nagy összegű, két éves futamidejű projekt öt alprojektje közül a „Nagy rendszerek a természettudományokban és számítógépes szimulációjuk” címűben szereplő egyik elemi témában (1.10 Kozmikus struktúrák térbeli és időbeli felbontása és modellezése űrcsillagászati mérések felhasználásával) tanszékünk munkatársainak többsége valamilyen formában részt vesz. A pályázat legjelentősebb hozadéka a tanszék számára az, hogy lehetőséget adott egy tudományos segédmunkatárs (Marschalkó G.) felvételére.

2010-ben tanszékünk munkatársainak 12 bírált tudományos folyóiratcikke, 17 konferencia-közleménye, valamint 2 egyéb publikációja jelent meg. A publikációk jegyzéke a tanszék honlapján megtalálható. Főbb kutatási eredményeink a beszámolási időszakban a következők voltak.

Égi mechanika és bolygórendszerek

Meghatároztuk a Plutó–Charon-rendszer holdjainak dinamikai tulajdonságait. Kimutattuk, hogy a Nix hold akkor lehet 4:1-es rezonanciában a Charonnal, ha pericentruma vagy felszálló csomója egy meghatározott tartományba esik (Zsigmond Zs., Süli Á.).

Vizsgáltuk a fő kisbolygóövezet kettős aszteroidáinak dinamikai stabilitását. Négy rendszer ((107) Camilla, (22) Kallipe, (45) Eugenia, (762) Pulcova) esetében előrejelzést adtunk arra, hogy melyikük engedi meg egy harmadik aszteroida stabil jelenlétét a rendszerben (Nagy I., Süli Á., Érdi B.).

Két óriásbolygót tartalmazó dinamikai modellben vizsgáltuk bolygórendszerek lakhatósági zónájának dinamikai tulajdonságait az óriásbolygók tömeg- és pályaparamétereitől függően. Meghatároztuk a lakhatósági zónában fellépő középmozgás- és szekuláris rezonanciákat, ahol a pályák instabillá válnak (Funk B., Süli Á.). Vizsgáltuk ultrakompakt bolygórendszerek dinamikai modelljeit is. Megmutattuk, hogy egy 1 naptömegű csillagtól 0,26 CSE-n belül akár 10 Föld-szerű bolygó is stabilan keringhet, még egy közeli gázóriás jelenlétében is (Funk B., Schwarz R.).

A rezonancia második alapmodelljében vizsgáltuk a harmadrendű rezonanciákat, és meghatároztuk a librációs amplitúdó pályaelemektől való függését. Megmutattuk, hogy magasrendű rezonanciába való befo-gás csak igen szűk félnagy tengely-tartományban, egy kritikus excentricitás felett lehetséges (Érdi B.).

Naprendszeren kívüli, többszörös bolygórendszerek esetére meghatároztuk azokat az összefüggéseket, amelyek segítségével a megfigyelhető mennyiségek (radiális sebesség, asztrometriai pozíciók, esetleg tranzitparaméterek) paraméteres deriváltjai egyszerűen kiszámolhatóak. Ezen egyenletekkel a bolygórendszerek vizsgálatánál kölcsönös perturbációk esetén is közvetlenül alkalmazhatjuk a statisztikai és regressziószámítási módszereket az egyes rendszerek pontosabb modellezésére és jövőbeli észlelések előkészítésére egyaránt (Pál A.).

Szoláris és asztrofizikai magnetohidrodinamika

Korábban kifejlesztett BGK-MHD kódunkat alkalmaztuk a napfoltokban zajló magnetokonvekció vizsgálatára idealizált numerikus kísérletekben. Eredményeink a korábbi vizsgálatokkal összhangban azt mutatták, hogy kel-lően erős mágneses tér esetén a granuláris szerkezetű konvekció helyett kis léptékű konvekció lép fel keskeny, elszigetelt oszlopokban, míg egy átmeneti térerősség-tartományban mindkét fajta konvekció fellép a fluidum különböző tartományaiban (fluxusszeparáció). A korábbi vizsgálatokhoz képest újdonság, hogy azonosítottunk egy olyan további átmeneti térerősség-tartományt, ahol a kis léptékű konvektív elemek és a granuláris konvekciót mutató foltok között szerves átmenet, oda-vissza fejlődés figyelhető meg. Rámu-tattunk, hogy a napfoltok umbrájában uralkodó viszonyok éppen ezen átmeneti tartománynak felelnek meg, ami megmagyarázhatja az umbrákban megfigyelt finomszerkezet egyes vonásait (Tian C.-L., Petrovay K.).

Megkezdttük a Nap fotoszférájában mért mágnesesfluxus-sűrűség felbon-tásfüggésének (az úgynevezett kioltási függvénynek) elméleti vizsgálatát. A Hinode űrobszervatórium magnetogramjai alapján J. O. Stenflo által végzett vizsgálatok azt mutatták, hogy a kioltási függvény jó közelítéssel hatvány-függvény. Célunk e megfigyelés elméleti értelmezése és annak alapján a turbulens mágneses tér jellemzőire vonatkozó következtetések levonása. Analitikusan megmutattuk, hogy bizonyos egyszerű feltevések (önhasonló, fraktális térszerkezet és kellően lapos mágnesesenergia-spektrum) teljesülése esetén egyszerű direkt összefüggés van a mágnesesenergia-spektrum, illetve a kioltási függvény kitevői között (Petrovay K., Marschalló G.).

A témavezető a szerkesztők felkérésére terjedelmes áttekintő cikket írt a napciklusok előrejelzéséről a *Living Reviews in Solar Physics* c. tekinté-lyes elektronikus folyóiratba, amely kizárólag meghívott cikkeket közöl. Ennek kapcsán saját előrejelzéseket is tett különféle ismert módszerekkel a 2010-ben kezdődött 24. napciklus amplitúdójára vonatkozólag. Legvaló-színűbbnek az látszik, hogy a ciklus 2013 táján tetőzik 80–90 körüli simí-tott, havi átlagos relatív számmal, tehát az átlagosnál valamivel gyengébb napciklus várható. Ilyen gyenge ciklusokra legutóbb a 20. század elején volt példa (Petrovay K.).

Kutatásainkat az OTKA (K67746 sz. pályázat) és az EU 6. keretprogramja (SOLAIRE hálózat, MTRN-CT-2006-035484 sz. szerződés) támogatta.

Csillagközi anyag, csillagképződés

Nemzetközi együttműködésben vizsgáltuk az ESA Planck-űrtávcsöve által felfedezett hideg, kompakt, pontszerűnek látszó objektumokat (C3PO). Ezek eloszlásában nagyobb (10–100 pc) skálán az úgynevezett galaktikus hurkok (lásd a tanszékünkön összeállított Galaktikus Infra-vörös Hurkok katalógusa) helyzetével korreláló egyenetlenségeket mutat-tunk ki, míg kisebb (parszekes) skálán csoportokat találtunk a legkisebb kifesztő fa (MST) módszer segítségével.

A Taurus–Auriga–Perseus területen mintegy 2900 pontforrást vizsgál-tunk meg az AKARI japán infravörös műhold Fényes Távoli-infravörös For-rások Katalógusa (FIS BSC) és archív mérési adatok alapján. Ezek közül 53 fiatalcsillag-jelöltet modelleztünk is, és 38 esetben a csillagok és környeze-tük fizikai paramétereit megfelelő pontossággal meg tudtuk határozni.

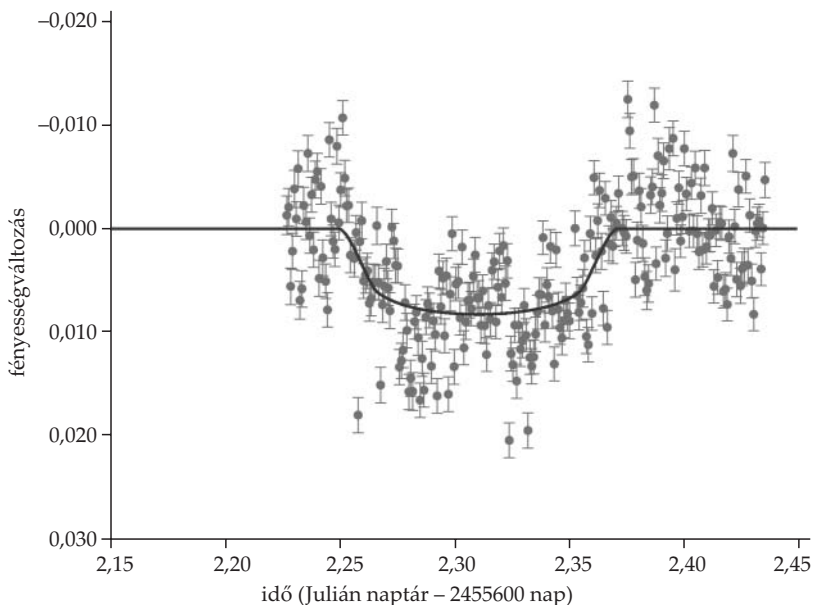
Korábbi rádióspektroszkópiai méréseink elemzésével katalógust készí-tettünk sűrű felhőmagot tartalmazó, szerkezetük és/vagy sebességgra-diensük alapján környezetükkel kölcsönható felhőkről, amelyeket 2011-ben az Osakai Egyetemmel közösen vizsgálunk majd (további CO spekt-roszkópia) és tervezünk modellezni.

A csoport tagjai: Marton G., Tóth L. V., Verebélyi E., Zahorecz S., magyarországi együttműködő partnerei: Balázs L., Kiss Z., Pásztor L., részt vevő hallgatók (TDK): Fehér O., Lisztes M. és Fegyverneki T.

Változócsillagászat, fotometria

A tanszék 40 cm-es lágmányosi RC teleszkópjával 2010. december 12-én első alkalommal sikerült exobolygó-átvonulást detektálnunk. Ez az eredmény és az azt követő még pontosabb és jobb lefedettségű mérések (1. ábra) demonstrálják, hogy még az erősen fényszennyezett és párás lágmányosi Duna-parton is lehetséges a század magnitúdónál pontosabb fotometria (Nagy I., Verebélyi E., Pál A.).

A változócsillagok dinamikai vizsgálatában zavaró tényezőként léphetnek fel a fénygörbében jelentkező, de nem a pulzációhoz tartozó hosszú periódusú változások és trendek. Ezek eliminálására az Empirical Mode Decomposition (EMD) módszeren alapuló eljárást használtuk és alkalmazását vizsgáltuk a kaotikus dinamika kimutathatóságának szempontjából (Plachy E.).



A HAT P-13 exobolygó áthaladása csillaga előtt 2011. február 9-én, az ELTE Izsák Imre Asztrofizikai Obszervatóriumának mérési adatai alapján.

Fejlesztések

Pál András vezetésével, valamint Klagyivik Péter, Nagy Imre és Verebélyi Erika közreműködésével távvezérelhetővé tettük a tanszék lágymányosi Izsák Imre Asztrofizikai Observatóriumának távcsövét és kupoláját. Az 5 méter átmérőjű kupolára belül körben 6 cm szélességű vonalkódos szalagot rögzítettünk; ennek alapján olvassa le a vezérlőprogram a kupolarés azimutját, a gyakorlati céloknak teljesen megfelelő, mintegy 1,4 foknyi pontossággal. A Pál A. által korábban írt s most továbbfejlesztett vezérlőprogram segítségével megoldható mind a távcső, mind a kupolarés távirányítású beállítása adott pozíciójú égitest megfigyeléséhez, majd az órággal történő automatikus követés. A résnyitás és -zárás egyelőre kézzel történik.

Ugyancsak Pál Andrásnak köszönhető hallgatói számítástechnikai laboratóriumunk chipkártyás beléptető-rendszerének kiépítése, amely rendszer 2010 ősze óta működik. A fejlesztésekhez a Magyar Csillagászati Alapítványtól kaptunk támogatást.

Tudományos közélet

A csillagképződési csoport 2010 októberében megszervezte egyetemünkön a „Galactic cold cores” zártkörű nemzetközi tudományos tanácskozást. Az égi mechanikai csoport közreműködésével szerveződött áprilisban Bécsemben, az egyetem Csillagászati Intézetében az 5. osztrák–magyar égi mechanikai konferencia (2010. április 9–10).

SZATMÁRY KÁROLY

A Szegedi Csillagvizsgáló tevékenysége 2009–2010-ben

A Szegedi Tudományegyetem csillagász, illetve gravitációelméleti csoportjának munkatársai: dr. Szatmáry Károly habil. egyetemi docens, dr. Vinkó József egyetemi docens, dr. Gergely Árpád László habil. egyetemi docens, dr. Székely Péter egyetemi tanársegéd, dr. Keresztes Zoltán tudományos segédmunkatárs, Dwornik Marek, Szalai Tamás, Takáts Katalin doktori (PhD) ösztöndíjasok, Ordasi András, Szűcs László csillagász hallgatók, demonstrátorok. Dr. Szabó M. Gyula egyetemi tanársegéd és Simon Attila PhD-ösztöndíjas 2009 őszétől az MTA KTM CSKI munkatársa lett. Mészáros Szabolcs 2009-ben, Székely Péter és Keresztes Zoltán 2010-ben PhD fokozatot szerzett az SZTE-n.

Tudományos eredmények

Vörös óriáscsillagok¹

A csillagfejlődés kései állapotait reprezentáló első vörös óriásági, illetve aszimptotikus óriásági pulzáló változók periódus-fényesség relációit (PL-relációit) tanulmányoztuk a Nagy Magellán-felhő és a Tejútrendszer összehasonlításával. Az újra redukált Hipparcos-parallaxisok felhasználásával függetlenül kalibráltuk a Nagy Magellán-felhő távolságát, amihez új módszert dolgoztunk ki a vörös óriások többszörös PL-relációinak alkalmazására az abszolút fényességek meghatározásában. A legrövidebb periódusú M óriások lényegében átmenetet képeznek a Nap típusú oszcillációkat mutató G és K óriások felé, ami jelzi a rezgések gerjesztettségének folytonos eloszlását a vörös óriáság mentén. Elkezdtük a Kepler-űrtávcső vörös óriás fénygörbéinek periódus-elemzését Fourier- és wavelet-módszerekkel. Találtunk nagyon kis

¹ Kutásainkat az OTKA K76816 (2009–2012) pályázat támogatta.

amplitúdójú, rövid fényváltozásokat, valamint hosszú periódusú, nagyobb mértékű hullámzásokat is.

Szupernóvák¹

Befejeztük az SN 2004dj környezetében zajló porképződéssel kapcsolatos vizsgálatainkat. A – Spitzer-űrtávcső adataiból meghatározott – spektrálisenergia-eloszlásokra illesztett analitikus és numerikus modellek segítségével kimutattuk, hogy a szupernóva középínfravörös sugárzása egy melegebb ($T \sim 600$ K) és egy hidegebb ($T \sim 100$ K) komponenst tartalmazó pormodellel írható le; a kimutatható friss por mennyisége 10^{-5} – 10^{-3} naptömeg közöttinek adódott.

Tovább folytattuk az új szupernóvák és hasonló tranzienst objektumok felfedezésére irányuló mérési programjainkat. A Baja–Szeged Supernova Survey keretében 2010-ben 4 új szupernóvát azonosítottunk, ebből egynél (SN 2010gn) az IAU társfelfedezőnek ismerte el csoportunkat.

A ROTSE programmal együttműködve 9 új szupernóva felfedezésében vettünk részt, az ehhez szükséges spektroszkópiai méréseket a texasi Hobby–Eberly-teleszkóppal végeztük el. Ezek mellett 15 aktuális szupernóváról készítettünk körülbelül 100 színképfelvételt, amelyek feldolgozása és elemzése folyamatban van. A SN 2008am II_n típusú szupernóvánál megmutattuk, hogy extrém nagy luminozitása a sűrű csillagkörüli anyaggal való kölcsönhatásból származik. Szülőgalaxisának fémtartalmát a Napénál alacsonyabbnak mértük, ez hasonló más nagy luminozitású szupernóvákat produkáló galaxisok fémességéhez.

Kettőscsillagok

A Siding Spring-i Observatórium 2,3 méteres távcsövével 2009 nyarán rögzített, nagy felbontású színképek és a MOST űrtávcső ultraprecíz fotometriai adatainak elemzése révén pontosítottuk az LS 5039 jelű röntgenkettős fizikai és pályaparamétereit. Megerősítettük, hogy a forró O komponens tömegvesztési rátája $4\text{--}5 \times 10^{-7}$ naptömeg/év. A H α , H β és a HeI 5875 Å-ös vonalak ekvivalens szélességei a keringési periódussal egyező periódusú modulációt mutatnak.

Exobolygók, exoholdak¹

A Szegedi Csillagvizsgáló és az MTA KTM CSKI műszereivel megfigyeltük más naprendszerekben keringő bolygók, exobolygók (WASP-1b, HAT-P-6b, HAT-P-13b) átvonulását a csillaguk előtt. Eddig nem találtunk több bolygóra utaló jelet, de a rendszerek megfigyelését a jövőben is folytatjuk. Kimutattuk, hogy a HAT-P-13c nagy valószínűséggel olyan exo-

bolygó, amely nem vonul át csillaga előtt. Exobolygók holdjainak megfigyelhetőségét elméletben vizsgálva arra a következtetésre jutottunk, hogy rádiálissebesség-méréssel a hold sugara és esetleg a keringési periódusa a legkönnyebben meghatározható adatok.

Kozmológiai kutatások

A Világegyetem gyorsuló tágulásáért felelős sötéteenergia-modellekkel foglalkoztunk. Ezen belül a tachion skalármező sötéteenergia-modell kozmológiai hatásait vizsgáltuk. Azt találtuk, hogy a szupernóva-megfigyelésekkel teljes mértékben kompatibilis modell nem exponenciális táguláshoz vezet a jövőben, hanem hirtelen fékezéshez, majd ezt követően a tágulás összehúzódnásba fordulásához.

Kompakt kettősök

A fekete lyukakból vagy neutroncsillagokból álló kettős rendszerek dinamikáját vizsgáltuk a perturbációszámítás magas rendjeiben, a forgások és tömeg kvadrupól-momentum (lapultság) figyelembevételével. Meghatároztuk a pályafejlődés által megőrzött szögkonfigurációkat. Szupernagy tömegű fekete lyukak tömegeloszlásából kiindulva meghatároztuk a kettősök tömegarány-eloszlását. Bebizonyítottuk, hogy a spin-pálya csatolás és a gravitációs sugárzás kombinált hatására a legvalószínűbb tömegarány esetén a nagyobbik fekete lyuk spinje új irányba fordul. Az összeolvadás előtti és utáni spin-irányok mentén egyaránt nagyenergiás részecskenyalábok keletkeznek. Modellünk a rádiótartományban észlelt X-alakú galaxisok kvantitatív magyarázatát adja meg.

Brán-elmélet

Megfigyelések igazolják, hogy a standard anyagi mezők $3+1$ dimenzióban léteznek, azonban ugyanezek a megfigyelések a gravitáció magasabb dimenziókban való létezését megengedik. A brán-elméletben a gravitáció $4+1$, míg az anyagi mezők $3+1$ dimenzióban (a bránon) léteznek. Megvizsgáltuk az időben változó bránfeszültség lehetőségét. Az Eötvös-törvény figyelembevételével a megfigyelésekkel összhangban lévő kozmológiai modellt dolgoztunk ki. Megadtuk a dinamika $3+1+1$ felbontását, és fekete lyuk megoldást származtattunk segítségével. Megvizsgáltuk a gyenge gravitációs lencsézésben bekövetkező módosulásokat, amennyiben azokat brán fekete lyuk okozza.



2009–2010-ben 39 angol nyelvű publikációink jelent meg. Nemzetközi referált folyóiratban 28, konferencia-kiadványban 10, egyéb nemzetközi kiadványban (IBVS) 1. Magyarul számos cikket közöltünk a Csillagászati évkönyvben, a Meteorban és más folyóiratokban. A cikkek listája valamint a kutatási és oktatási tevékenységünk részletei megtalálhatók honlapunkon (<http://astro.u-szeged.hu>).

Konferenciák

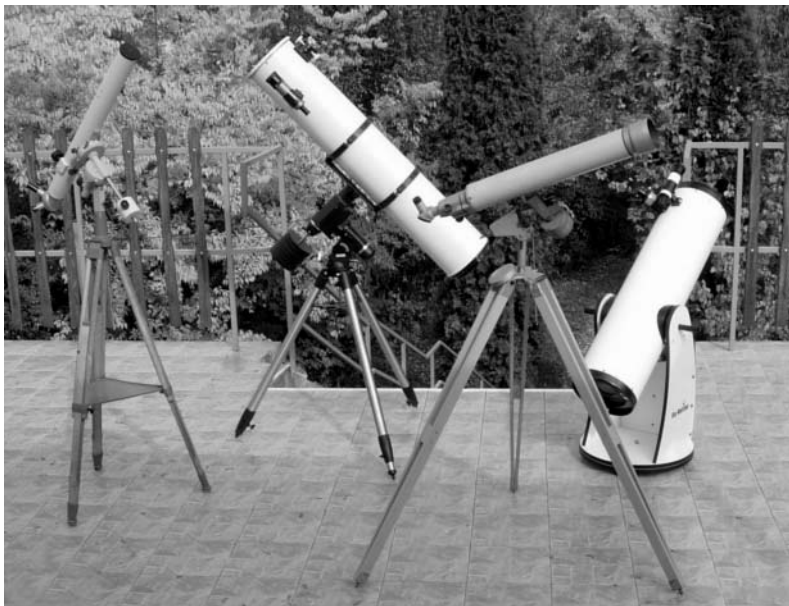
Gergely Á. L. 2009-ben 14, 2010-ben 9 konferencián vett részt előadásokkal, posztterekkel a világ számos részén. 2009 szeptemberében Simon A. és Szalai T. előadást tartott az ELTE-n rendezett, V. Fiatal Kutatók Találkozásán (FIKUT). 2010. augusztus 28-án Szalai T. és Szűcs L. előadást tartott a From Dust to Rocky Planets című workshopon a CSKI-ban. Szűcs L. 2009-ben felvételt nyert a Space Telescope Science Institute-nál a Space Astronomy Summer Programba, és a nyarat Baltimore-ban töltötte. 2010 őszén is ott dolgozott, és poszterrel részt vett egy konferencián. Vinkó J. és Szalai T. részt vett a HETDEX 2010 Spring Meetingen (München, 2010. április), ahol Vinkó előadást tartott Supernovae in the HETDEX survey field címmel.

Oktatás, ismeretterjesztés

Csillagászatot főként a 3 éves fizika alapszakon (BSc) belül létező csillagász szakirányon tanítunk. Elegendő jelentkező hiányában a 2 éves csillagász mesterszakot (MSc) nem indítottuk, de a fizikus mesterszakon belül az asztrofizika modulban számos tantárgyat oktattunk.

A fizikatanár MSc „Fizika a társtudományokban” és „Válogatott fejezetek a modern fizikából 1.” kurzusain is tanítunk csillagászatot. „A földtudományok fizikai alapjai” kurzust is oktatjuk az elsőéves földtudományi BSc hallgatóknak. Népszerűek az általános művelő tárgyként meghirdetett előadásaink, szabadon választható kurzusaink, amelyeket gyakran 150–200 hallgató is felvett egy-egy félév során. Kiss László A tudományos közlés művészete című kurzusát Szegeden is megtartotta, amit a hallgatók nagy érdeklődése kísért.

A két év alatt 11 szakdolgozat, illetve diplomamunka és 4 TDK dolgozat született csillagászati témakörben. 2009-ben Dwornik Marek II. díjat, Haja Orsolya különdíjat kapott a XXIX. Országos Tudományos Diákköri Konferencia (OTDK) csillagászati tagozataiban. 2009-ben csillagász okle-



velet szerzett Dwornik Marek, Gáspár Prémata Klára, Pálfi Dénes és Szing Attila, 2010-ben Haja Orsolya és Szakáts Róbert. Szalai Tamás 2010-ben dolgozatával első díjat nyert az MTA Szegedi Akadémiai Bizottság fiatal kutatóknak szóló pályázatán.

2009-ben, a Csillagászat Nemzetközi Évében sok programot szerveztünk. A középiskolások számára a Galilei Országos Csillagászati Diákvetélkedőt a bajai kollégákkal együtt rendeztük. Szalai T. műhelyfoglalkozást tartott a 2009-es Országos Középiskolai Fizikatanári Anketon (Kaposvár), meghívott előadásokat tartott szegedi és újvidéki tanártovábbképzéseken, valamint a 2010-es nagyváradai Schwartz fizika-émlékverseny döntőjén.

2010 májusában hallgatóink és oktatóink tanulmányi kirándulás keretében meglátogatták az ELTE Csillagászati Tanszékét, az MTA KTM Csillagászati Kutatóintézetet és annak pizskéstetői, majd debreceni Napfizikai Obszervatóriumát.

Internetes honlapunk sok magyar nyelvű csillagászati és űrkutatási anyagot tartalmaz, folyamatosan fejlesztjük. Legújabb oktatási segédanyagunk a fizika és a földtudományi BSc szakos hallgatóknak készült Csillagászat címmel (<http://astro.u-szeged.hu/oktatas/csillagaszat.html>).

A Szegedi Csillagvizsgálóban keddenként az MCSE helyi csoportja tartotta foglalkozásait Székely Péter, majd Garami Ádám vezetésével. A hagyományos őszi találkozónkon az ország sok részéről mintegy 50 amatőr csillagász vett részt. A péntek esti nyitva tartásaink során évente körülbelül 5000 látogatónk volt. Munkatársaink rendszeresen tartottak előadásokat az MCSE országos találkozóin.

Az egyetem Dóm tér melletti Béke-épülete tetőteraszának teljes átépítéséhez, eltolható tetejű csillagda kialakításához elkészültek a tervek.

Szerzőink, közreműködőink

ALMÁR IVÁN, a fizika tud. doktora, ny. tudományos tanácsadó, MTA KTM CSKI

ÁBRAHÁM PÉTER, az MTA doktora, igazgató, MTA KTM CSKI

BENKŐ JÓZSEF, PhD, tudományos főmunkatárs, MTA KTM CSKI

BUTUZA TAMÁS, amatőrcsillagász, informatikus

FREY SÁNDOR, PhD, főtanácsos, Földmérési és Távérzékelési Intézet, KGO

GALÁNTAI ZOLTÁN, PhD, egyetemi docens, BME GTK

GÖRGEI ZOLTÁN, amatőrcsillagász, Polaris Csillagvizsgáló

GYÜRKY GYÖRGY, PhD, tudományos főmunkatárs, MTA ATOMKI

HEGEDŰS TIBOR, PhD, a BKMÖ Csillagvizsgáló Intézet igazgatója

HORVÁTH ISTVÁN, PhD, egyetemi tanár, ZMNE BJMKK

ILLÉS ERZSÉBET, kandidátus, ny. tudományos főmunkatárs, MTA KTM CSKI

KAPOSVÁRI ZOLTÁN, amatőrcsillagász

KERESZTURI ÁKOS, PhD, tudományos munkatárs, Collegium Budapest

KOVÁCS JÓZSEF, PhD, tudományos főmunkatárs, ELTE Gothard Asztrofizikai Observatórium

KUN MÁRIA, az MTA doktora, tudományos tanácsadó, MTA KTM CSKI

LANDY-GYEBNÁR MÓNICA, amatőrcsillagász, a Meteor rovatvezetője

MIZSER ATTILA, amatőrcsillagász, a Magyar Csillagászati Egyesület főtítkára

PETROVAY KRISTÓF, az MTA doktora, tanszékvezető egyetemi tanár, ELTE TTK Csillagászati Tanszék

SÁNTA GÁBOR, amatőrcsillagász, régész, SZTE BTK Régészeti Tanszék

SÁRNECZKY KRISZTIÁN, titkár, Magyar Csillagászati Egyesület

SZABADOS LÁSZLÓ, az MTA doktora, tudományos tanácsadó, MTA KTM CSKI

SZABÓ SÁNDOR, amatőrcsillagász, a Meteor rovatvezetője

SZÖLLŐSI ATTILA, amatőrcsillagász, MCSE Kiskun Csoport helyettes vezetője

TORDAI TAMÁS, amatőrcsillagász, Polaris Csillagvizsgáló

budapesti
távcső
centrum



Budapesti Távcső Centrum

- » a legjobb távcsőmárkák képviselte
- » a legnagyobb hazai raktárkészlet
- » csillagászati távcsövek, mechanikák
- » állványok, kiegészítők
- » binokulárok, spektívek
- » éjjellátók, mikroszkópok
- » csillagászatra, természetfigyelésre, fotózáshoz



▶ Ha nincs internet hozzáférése,
kérje ingyenes, 28 oldalas
katalógusunkat telefonon
vagy levélben!



Budapest XII.
Városmajor u. 19/b
1 percre a Déli pályaudvartól

telefon (1) 202 5651
(20) 484 9300
fax (99) 332 548

nyitva tartás
H-P: 10-18h
SZO: 9-13h
info@tavcsso.hu
btc@tavcsso.hu

www.tavcsso.hu www.tavcsso.com

Sky-Watcher

acuter

CELESTRON

DELTA

MEADE

LACERTA

23

TeleVue

ZEISS

donner

DIPOL

www.acuterte.hu

B/TREK

CORONADO

Mikro

AstroMedia

OPTICAL

Astronomik

YUKON



ISSN 0866-2851



9770866-285002

Ár: 2500 Ft